

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

**Bernhard Kranebitter**

**Wirtschaftlichkeits-  
vergleich für Heizwärme-  
erzeugung in einem  
Niedrigenergiehaus**

Mittweida, 2015



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Wirtschaftlichkeits- vergleich für Heizwärme- erzeugung in einem Niedrigenergiehaus**

Autor:  
**Bernhard Kranebitter**

Studiengang:  
**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:  
**KW10wIA-F**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Hollidt**

Zweitprüfer:  
**Prof. Dr. rer. oec. Johannes Stelling**

Einreichung:  
**Mittweida, 12.11.2015**

Verteidigung/Bewertung:  
**Mittweida, 2015**



# **DIPLOMA THESIS**

---

## **Economic comparsion for thermal heat generation in a low energy house**

author:

**Bernhard Kranebitter**

course of studies:

**economic sciences**

seminar group:

**KW10wIA-F**

first examiner:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Hollidt**

second examiner:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes Stelling**

submission:

**Mittweida, 12.11.2015**

defence/evaluation:

**Mittweida, 2015**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Kranebitter, Bernhard:

Wirtschaftlichkeitsvergleich für Heizwärmeerzeugung in einem Niedrigenergiehaus. – 2015. – 10 Seiten Verzeichnis, 58 Seiten Inhalt.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2015.

## **Referat:**

Ziel dieser Diplomarbeit ist die Schaffung einer möglichst objektiven Entscheidungsgrundlage für die Auswahl eines neuen Wärmeerzeugungssystems für Heizzwecke in einem Einfamilienhaus mit Niedrigenergiehaus-Standard. Die meisten Heizkostenvergleiche erfolgen nach VDI 2067 und weisen trotz identem Heizenergiebedarf divergierende Ergebnisse aus. Wie ist das möglich? Zur Analyse werden nach Erhebung der Eingangsgrößen – insbesondere aufgrund der langfristigen Bindung die Verfügbarkeiten und Preisentwicklungen der Energieträger – Heizkostenberechnungen laut VDI 2067 durchgeführt und die Ursachen aufgedeckt. Aber auch die VDI 2067 weist Schwächen auf. Da die tatsächlichen Betriebskosten nur unzureichend berücksichtigt werden, sind Fehlentscheidungen möglich. Abhilfe soll das vorgeschlagene adaptierte Rechenwerk schaffen.

## Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	3
1.3 Methodik.....	3
<b>2 Grundlagen der Investitionsrechnung .....</b>	<b>4</b>
2.1 Einordnung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre.....	4
2.2 Investitionsbegriff .....	5
2.3 Bedeutung und Ziel der Investitionsrechnung .....	5
2.4 Grenzen der Investitionsrechnung .....	6
2.5 Investitionsrechnungsverfahren.....	6
<b>3 Energieträger .....</b>	<b>8</b>
3.1 Erdöl .....	10
3.1.1 Förderung und Verfügbarkeit von Erdöl.....	10
3.1.2 Heizöl .....	10
3.1.3 Transport und Verteilung von Heizöl .....	11
3.1.4 Preisbildung Heizöl.....	12
3.1.5 Preiskomponenten Heizöl .....	12
3.1.6 Fazit .....	13
3.2 Erdgas.....	14
3.2.1 Förderung und Verfügbarkeit.....	14
3.2.2 Transport und Verteilung .....	15
3.2.3 Preisbildung .....	16
3.2.4 Preiskomponenten .....	16
3.2.5 Fazit .....	19
3.3 Biomasse am Beispiel Holzpellets .....	20
3.3.1 Produktion und Verfügbarkeit .....	20
3.3.2 Transport und Verteilung .....	23
3.3.3 Preisbildung .....	23
3.3.4 Preiskomponenten .....	23
3.3.5 Fazit .....	24
3.4 Elektrische Energie .....	24
3.4.1 Transport und Verteilung .....	26
3.4.2 Preisbildung .....	26
3.4.3 Preiskomponenten .....	27
3.4.4 Fazit .....	30
3.5 Preisentwicklung Energieträger .....	30

<b>4 Umstellungsfall .....</b>	<b>34</b>
4.1 Ausgangssituation .....	34
4.2 Gebäudekenndaten laut Energieausweis .....	34
4.3 Heiztechnik .....	35
4.4 Ausführungen .....	37
4.4.1 Öl-Brennwertkessel.....	37
4.4.2 Gas-Brennwertkessel .....	37
4.4.3 Pellet-Brennwertkessel .....	38
4.4.4 Luftwärmepumpe .....	39
<b>5 Methodik der VDI 2067 .....</b>	<b>39</b>
5.1 Voraussetzung für die Berechnung der Kosten.....	40
5.2 Ermittlung der Kosten.....	40
5.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der Annuitätenmethode .....	42
<b>6 Wirtschaftlichkeitsvergleich .....</b>	<b>45</b>
6.1 Heizkostenermittlung laut VDI 2067 .....	45
6.2 Heizkostenermittlung nach VDI 2067 .....	51
6.3 Ergebnisse .....	56
<b>7 Schlussbetrachtung .....</b>	<b>58</b>
7.1 Erkenntnisse .....	58
7.2 Ausblick.....	58
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>59</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Funktionale Gliederung der Betriebswirtschaftslehre.....	4
Abb. 2: Verfahren der Investitionsrechnung .....	7
Abb. 3: Abgrenzung der Begriffe Reserven und Ressourcen .....	9
Abb. 4: Rohölleitungen und Rohöl-/Produktenlager in Österreich.....	11
Abb. 5: Erdgasleitungen und Erdgaslagerstätten in Österreich .....	15
Abb. 6: Erdgas-Jahresgesamtkosten .....	18
Abb. 7: Pellets Importe und Exporte 2014.....	21
Abb. 8: Entwicklung der Waldfläche in Österreich.....	22
Abb. 9: Holzeinsatz in Österreich für energetische Verwendung .....	22
Abb. 10: Möglichkeiten zur Erzeugung elektrischer Energie .....	24
Abb. 11: Stromverbrauch und Deckung in Österreich .....	25
Abb. 12: Strom-Jahresgesamtkosten.....	29
Abb. 13: Preisentwicklung absolut .....	31
Abb. 14: Preisentwicklung Brent Crude Oil .....	31
Abb. 15: Preisentwicklung relativ.....	32
Abb. 16: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 „most likely case“ .....	48
Abb. 17: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 HEB = 50 % .....	48
Abb. 18: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 HEB = 100%.....	49
Abb. 19: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 HEB = 150%.....	49
Abb. 20: Heizkostenvergleich nach VDI 2067 HEB = 50% .....	54
Abb. 21: Heizkostenvergleich nach VDI 2067 HEB = 100% .....	54
Abb. 22: Heizkostenvergleich nach VDI 2067 HEB = 150% .....	55

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Erdöl 2013 [Mio. t] .....	10
Tabelle 2: Zusammensetzung Heizölpreis .....	13
Tabelle 3: Übersicht Erdgas 2013 [Mio. t] .....	14
Tabelle 4: TIGAS-Gesamtarbeitspreise .....	17
Tabelle 5: Zusammensetzung Pelletspreis.....	23
Tabelle 6: TIWAG-Gesamtarbeitspreise .....	28
Tabelle 7: Annahmen für Energiepreiserhöhungen .....	33
Tabelle 8: Öl-Brennwertkessel Überprüfungs-/Wartungskosten .....	37
Tabelle 9: Gas-Brennwertkessel Überprüfungs-/Wartungskosten.....	38
Tabelle 10: Pellet-Brennwertkessel Überprüfungs-/Wartungskosten....	38
Tabelle 11: Luftwärmepumpe Überprüfungs-/Wartungskosten .....	39
Tabelle 12: Heizkosten Öl-Brennwertkessel lt. VDI 2067 .....	46
Tabelle 13: Heizkosten Gas-Brennwertkessel lt. VDI 2067.....	46
Tabelle 14: Heizkosten Pellet-Brennwertkessel lt. VDI 2067 .....	47
Tabelle 15: Heizkosten Luftwärmepumpe lt. VDI 2067 .....	47
Tabelle 16: Ergebnisse Heizkostenvergleich laut VDI 2067 .....	50
Tabelle 17: Heizkosten Öl-Brennwertkessel nach VDI 2067 .....	52
Tabelle 18: Heizkosten Gas-Brennwertkessel nach VDI 2067 .....	52
Tabelle 19: Heizkosten Pellet-Brennwertkessel nach VDI 2067.....	53
Tabelle 20: Heizkosten Luftwärmepumpe nach VDI 2067 .....	53
Tabelle 21: Ergebnisse Heizkostenvergleich nach VDI 2067 .....	55

## Abkürzungsverzeichnis

<b>E-Control</b>	Energie-Control GmbH
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
<b>BMFWF</b>	Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft
<b>EEX</b>	European Energy Exchange
<b>GSNE-VO</b>	Gas-Systemnutzungsentgelte-Verordnung
<b>GUS</b>	Gemeinschaft Unabhängiger Staaten
<b>GWG-2011</b>	Gaswirtschaftsgesetz 2011
<b>HEB</b>	Heizenergiebedarf
<b>HTEB</b>	Heiztechnikenergiebedarf
<b>HWB</b>	Heizwärmebedarf
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>JAZ</b>	Jahresarbeitszahl
<b>kV</b>	Kilovolt
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowattstunde
<b>KWK</b>	Kraft-Wärme-Kopplung
<b>LNG</b>	Liquefied Natural Gas
<b>MOeStG</b>	Mineralölsteuergesetz
<b>NEEAP</b>	Nationaler Energie Effizienz Aktionsplan
<b>OIB</b>	Österreichisches Institut für Bautechnik
<b>OTC</b>	Over the counter
<b>ÖVGW</b>	Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach
<b>SNE-VO</b>	Systemnutzungsentgelte-Verordnung
<b>TIGAS</b>	TIGAS-Erdgas Tirol GmbH
<b>TINETZ</b>	TINETZ-Tiroler Netze GmbH
<b>TIWAG</b>	TIWAG-Tiroler Wasserkraftwerke AG
<b>USt.</b>	Umsatzsteuerer
<b>VBW</b>	Verrechnungsbrennwert
<b>VDI</b>	Verein Deutscher Ingenieure



# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Ausgehend von den langfristigen Ausrichtungen der EU-Energiepolitik, skizziert in der „Energy-Roadmap 2050“ und den konkreten Zielen des im Rahmen der Mittelfriststrategie „Energie 2020“ im Jahr 2008 verabschiedeten Energie-Klimapaketes

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber dem Stand von 1990 (verbindlich),
- Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Wind, Sonne, Biomasse usw.) auf 20 % der Gesamtenergieproduktion (verbindlich) und
- Senkung des Energieverbrauchs um 20 % gegenüber dem voraussichtlichen Niveau von 2020 durch Verbesserung der Energieeffizienz (nicht verbindlich),

hat sich der Europäische Rat im Oktober 2014 auf den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik von 2020 bis 2030 verständigt.<sup>1</sup>

Zur Erfüllung dieser Ziele sind die Mitgliedstaaten aufgefordert entsprechende Maßnahmen zu setzen. In Österreich geschah dies zuletzt mit dem „Ersten Nationalen Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2014 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU“. Durch Maßnahmen im aktuellen Regierungsprogramm 2013 – 2018 der Österreichischen Bundesregierung soll ein effizientes, leistbares und sozial verträgliches Energiesystem Versorgungssicherheit, Wohlstand, Wettbewerbsfähigkeit und eine lebenswerte Umwelt garantieren.<sup>2</sup>

Eine wichtige Maßnahme zur Energieeinsparung liegt in der energetischen Gebäudesanierung.

Als Anreiz für die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen beim Gebäudebestand älter als 20 Jahre werden bei Erfüllung der geforderten Krite-

---

<sup>1</sup> Vgl. Europäischer Rat, SN 79/14.

<sup>2</sup> Vgl. BMWFW, NEEAP 2014.

rien in Österreich sowohl vom Bund über den „Sanierungsscheck“<sup>3</sup> als auch von den Bundesländern im Rahmen der „Wohnhaussanierung“<sup>4</sup> und darüber hinaus auch noch von engagierten Gemeinden<sup>5</sup> Förderungen vergeben.

Bei Sanierung der Heizungsanlage ist der Einsatz innovativer, klimarelevanter Systeme Förderungsvoraussetzung. Dazu zählen im Wesentlichen

- Systeme auf Basis erneuerbarer Energien (z.B. Pelletheizung),
- Fernwärme aus erneuerbarer Energie und
- Wärmepumpen für Heizzwecke.

Im Zuge der thermischen Sanierung im privaten Wohnbau, also der Dämmung von Außenwänden und Geschoßdecken und der Erneuerung von Fenstern und Außentüren, stellt sich die Frage, ob die Umstellung der Heizwärmeerzeugung auf erneuerbare Energieträger trotz Fördermaßnahmen aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist.

Spätestens bei konkreten Umsetzungsüberlegungen wird sehr schnell klar, dass die Empfehlungen von Heizungsinstallateuren, Herstellern, Energieberatern und Fachverbänden hinsichtlich des zu verwendenden Wärmeerzeugungssystems in erster Linie auf Eigeninteressen beruhen. Die dabei präsentierten Heizkosten-Vergleichsberechnungen unterstützen die Richtigkeit der jeweiligen Empfehlungen, noch dazu wo die Berechnungen laut VDI 2067 erfolgen (sollen).

Aufgrund der zum Teil völlig divergierenden Ergebnisse ist nur ein betriebswirtschaftlich und technisch versierter Auftraggeber in der Lage diese „Empfehlungen“ hinsichtlich der getroffenen Annahmen zu interpretieren und letztendlich gezwungen sich selbst mit einer Heizkosten-Vergleichsberechnung auseinanderzusetzen.

---

<sup>3</sup> Vgl. Kommunalkredit, Sanierungsscheck für Private 2015.

<sup>4</sup> Vgl. Amt der Tiroler Landesregierung, Wohnhaussanierung.

<sup>5</sup> Vgl. Gemeinde Thaur, Förderungen.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Am Beispiel eines thermisch sanierten Einfamilienhauses in Tirol mit Niedrigenergiehaus-Standard (Heizwärmebedarf  $< 50 \text{ kWh/m}^2$  beheizte Fläche und Jahr)<sup>6</sup> soll eine möglichst objektive Entscheidungsgrundlage für die Auswahl eines neuen Wärmeerzeugungssystems ausschließlich für Wohnraumheizzwecke geschaffen werden. Als zusätzliches Entscheidungskriterium werden die Auswirkungen künftiger Energiepreisentwicklungen an Hand von drei Szenarien zur Verfügung gestellt.

Ausgehend von einer realisierten Warmwasser-Niedertemperatur-Fußbodenheizung (Vorlauftemperatur etwa  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ ) beschränkt sich die Untersuchung auf die Heizwärmeerzeugung mit Heizöl und Erdgas (fossile Energieträger) sowie Pellets und elektrische Energie (erneuerbare Energieträger, unter der Voraussetzung, dass die elektrische Energie atomstrom- und  $\text{CO}_2$ -frei produziert wird).

Mangels Anschlussmöglichkeit, eines standortbedingt tief liegendem Grundwasserspiegels und aus Gründen der Bequemlichkeit werden Heizsysteme mit Fernwärme, einer Erdwärmepumpe sowie mit Stückholz nicht weiter verfolgt.

## 1.3 Methodik

Nach einer Kurzzusammenfassung der Grundlagen der Investitionsrechnung werden die für diese Arbeit relevanten Energieträger vorgestellt, deren künftige Verfügbarkeit erfasst und mittels Szenariotechnik mögliche Energiepreisentwicklungen für den relevanten Betrachtungszeitraum untersucht. Anschließend erfolgen die Beschreibung der konkreten Ausgangssituation und der zur Auswahl stehenden Heizsysteme sowie erste Heizkostenberechnungen laut VDI 2067. Die seitens VDI 2067 vorgeschlagenen Parameter und Methoden werden anhand der zu un-

---

<sup>6</sup> Vgl. OIB-Richtlinie 6 (2015), S. 10.

tersuchenden Systeme evaluiert und gegebenenfalls entsprechend angepasste Berechnungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der beiden Varianten – laut VDI 2067 und nach VDI 2067 – werden für sämtliche Energiepreis-Szenarien gegenübergestellt und kritisch gewürdigt.

## 2 Grundlagen der Investitionsrechnung

### 2.1 Einordnung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre

Nach der funktionalen Gliederung der Betriebswirtschaftslehre wird zunächst in die Funktion der Leistungserstellung (Produktion) und die Funktion der Leistungsverwertung (Absatz) unterschieden. Der Erwerb der üblicherweise für die Produktion erforderlichen Betriebsmittel wird als Investition bezeichnet. Die dazu erforderlichen Geldmittel fallen in den Bereich der Finanzierung.<sup>7</sup>

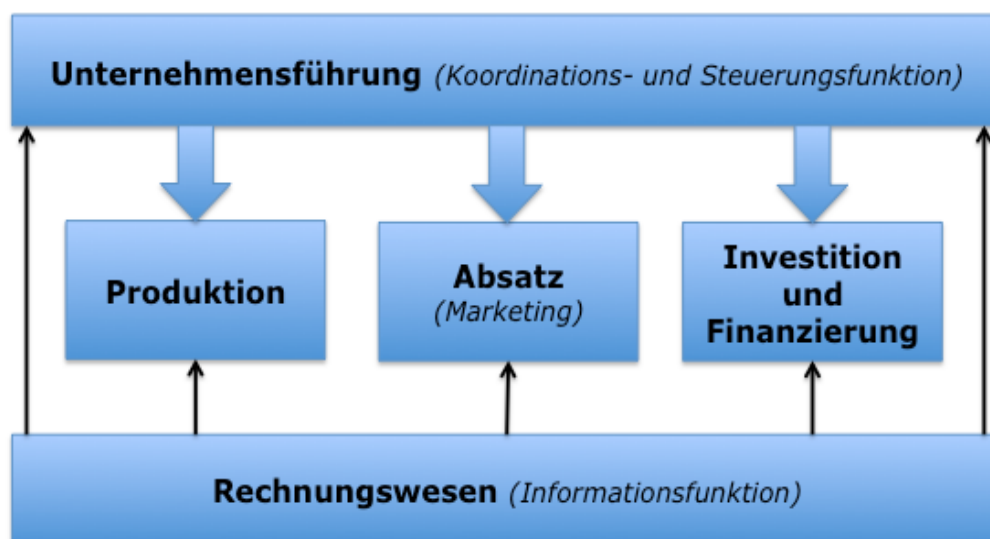


Abb. 1: Funktionale Gliederung der Betriebswirtschaftslehre<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Vgl. Wöhe (2013), S. 43.

<sup>8</sup> Ebenda.



## 2.2 Investitionsbegriff

Für den Begriff Investition gibt es in der Betriebswirtschaftslehre keine allgemein gültige Definition, denn je nach Autor und Situation werden darunter unterschiedliche Dinge verstanden. Zusammengefasst geht es dabei

- um einen finanziellen Vorgang (Geldausgabe für ein Investitionsobjekt),
- um einen Anlagevermögen bildenden Vorgang (Beschaffung eines Anlagegutes) und
- um die Berechnung der Vorteilhaftigkeit.<sup>9</sup>

Der letzte Begriffsinhalt wird als Investitionsrechnung bezeichnet.

## 2.3 Bedeutung und Ziel der Investitionsrechnung

Der Erfolg einer Investition ist für den künftigen Erfolg von Unternehmen von besonderer Bedeutung, da sowohl die Höhe als auch die Dauer der Kapitalbindung einer Investition die betriebliche Flexibilität stark einschränken kann.

Investitionsrechnungen betreffen aber nicht nur Unternehmen, sondern können auch für volkswirtschaftliche Fragestellungen sowie für private Projekte angewandt werden. Mit einer effizienteren Mittelverwendung stünde beispielsweise privaten Haushalten mehr Geld für Konsumausgaben zur Verfügung.

Eine Investitionsrechnung hat zum Ziel, mit den wirtschaftlichen Daten eines oder mehrerer Investitionsobjekte und einem jeweils definierten Verfahren eines im Regelfall mathematischen akademischen Modelles ein quantitatives Ergebnis dieses Modelles zu ermitteln, das als Basis für eine Investitionsentscheidung dient.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Vgl. Poggensee (2015), S. 7.

<sup>10</sup> Ebenda S. 9.

Mit einer Investitionsrechnung können Empfehlungen für mögliche Fragestellungen abgegeben werden:<sup>11</sup>

- Problem der Vorteilhaftigkeit (untersuchen, ob die betrachtete Investition überhaupt vorteilhaft ist)
- Wahlproblem (zwei oder mehrere Investitionsmöglichkeiten in eine Rangfolge bringen)
- Ersatzproblem (wann ist ein bestehendes Investitionsobjekt durch ein Neues zu ersetzen)

## 2.4 Grenzen der Investitionsrechnung

Die Investitionsrechnung hat zwei Probleme:<sup>12</sup>

Im Zuge der **Datenbeschaffung** werden auch Daten verwendet, die auf Prognosen beruhen. Damit ist die Diskrepanz zwischen heutigen Plandaten und zukünftig eintretenden Ist-Daten modellinhärent.

Investitionsrechenverfahren sind akademische mathematische Modelle, die komplexen Entscheidungssituationen nicht immer Rechnung tragen können und damit **vereinfachte Abbilder der Realität** sind.

Trotz dieser Schwächen wird bei Verwendung möglichst realitätsnaher Daten, der Auswahl des richtigen Verfahrens sowie der kritischen Interpretation der Ergebnisse eine bestmögliche Entscheidungsgrundlage geschaffen.

## 2.5 Investitionsrechnungsverfahren

Die klassischen Verfahren zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Sachinvestitionen werden hauptsächlich in zwei Verfahrensgruppen unterteilt:

---

<sup>11</sup> Vgl. Dörsam (2011), S. 12.

<sup>12</sup> Vgl. Poggensee (2015), S. 31.

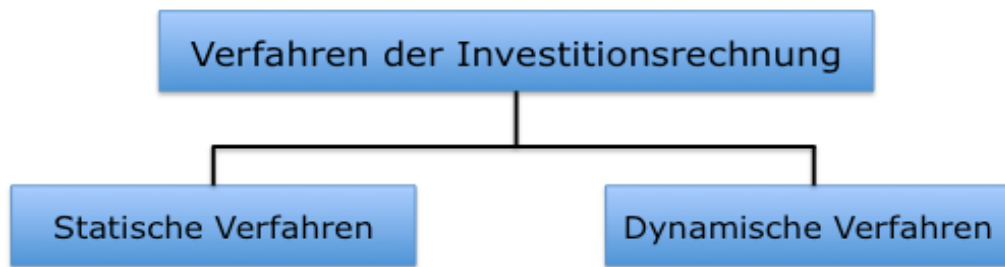


Abb. 2: Verfahren der Investitionsrechnung

Charakteristisch für die **statischen Verfahren** ist die einperiodige Betrachtung. Dabei werden durchschnittliche Einnahmen mit den durchschnittlichen Ausgaben verglichen und nur durchschnittliche Zinsen berücksichtigt.<sup>13</sup> Die statischen Methoden (je nach Zielgröße: Kostenvergleichsrechnung, Gewinnvergleichsrechnung, Rentabilitätsrechnung und statische Amortisationsrechnung) sind leicht verständlich, einfach handhabbar und kostengünstig, führen aber je nach gewähltem Rechenverfahren zu unterschiedlichen Ergebnissen. Hauptnachteil ist die Nichtberücksichtigung des zeitlich unterschiedlichen Auftretens von Ein- und Auszahlungen.<sup>14</sup> Aufgrund der dadurch sehr begrenzten Aussagekraft sind diese Verfahren bestenfalls nur für eine schnelle, vorläufige Schätzung anwendbar.

Charakteristisch für die **dynamischen Verfahren** ist die Berücksichtigung von zeitlich unterschiedlichen Ein- und Auszahlungen während der gesamten Nutzungsdauer einer Investition, die zur Vergleichbarkeit mit einem festen Zinssatz bei den dynamischen Barwertverfahren (Kapitalwertmethode, Methode des internen Zinssatzes, Annuitätenmethode und dynamische Amortisationsrechnung) auf den Zeitpunkt vor Beginn einer Investition abgezinst werden.<sup>15</sup> Dabei wird ein vollkommener Kapitalmarkt unterstellt, d.h. es liegt ein einheitlicher Kalkulationszinssatz vor.<sup>16</sup>

---

<sup>13</sup> Vgl. Dörsam, (2011), S. 11.

<sup>14</sup> Vgl. Heesen, (2010), S. 23.

<sup>15</sup> Vgl. Becker, (2012), S. 58.

<sup>16</sup> Vgl. Götze, (2006), S. 70.

### 3 Energieträger

Natürlich vorkommende Energiequellen werden als Primärenergieträger bezeichnet. Dazu zählen sowohl fossile Energieträger, als auch erneuerbare oder regenerative Energieträger.

**Fossile Energieträger** sind als aus Biomasse entstandene Stoffe definiert, die unter Luftabschluss von der Atmosphäre nicht verrotteten und so ihre chemische Energie erhielten. Kernenergie wird ebenfalls den fossilen Energieträgern zugerechnet, nimmt aber eine Sonderstellung ein.<sup>17</sup> Mit 87 Prozent stellen die fossilen also nicht-erneuerbaren Energieträger Erdöl, Kohle, Erdgas und Uran den überwiegenden Anteil des weltweiten Primärenergieverbrauchs.<sup>18</sup>

Bei den fossilen Energieträgern wird zwischen konventionellen Vorkommen und nicht-konventionellen Vorkommen unterschieden. Konventionelle Vorkommen zeichnen sich durch technologisch ausgereifte und in der Regel kostengünstige Fördertechniken aus.

Da fossile Energieträger ein Bestandteil der Erdkruste sind, ist eine exakte Aussage weder über die tatsächliche Menge der Rohstoffvorkommen noch über deren nutzbaren Anteil möglich. Wir können uns lediglich auf Abschätzungen über noch vorhandene Vorkommen stützen. Verlässlicher, da besser quantifizierbar und abschätzbar, sind die bewiesenen Reserven. Basierend auf geowissenschaftlichen Untersuchungen und unter der Annahme, dass sich die ökonomischen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen künftig nur unwesentlich ändern, sind dies nachgewiesene, zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbare Energierohstoffmengen.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> Vgl. Umweltbundesamt, Energieträger.

<sup>18</sup> Vgl. BGR, Energierohstoffe.

<sup>19</sup> Vgl. E-Control, Primärenergieträger als Ursprung unserer Energie.

Als Ressourcen werden durch geowissenschaftlichen Methoden nachgewiesene, aber derzeit technisch-wirtschaftlich und/oder wirtschaftlich nicht gewinnbare sowie nicht nachgewiesene, aber geologisch mögliche, künftig gewinnbare Energierohstoffmengen bezeichnet.<sup>20</sup>

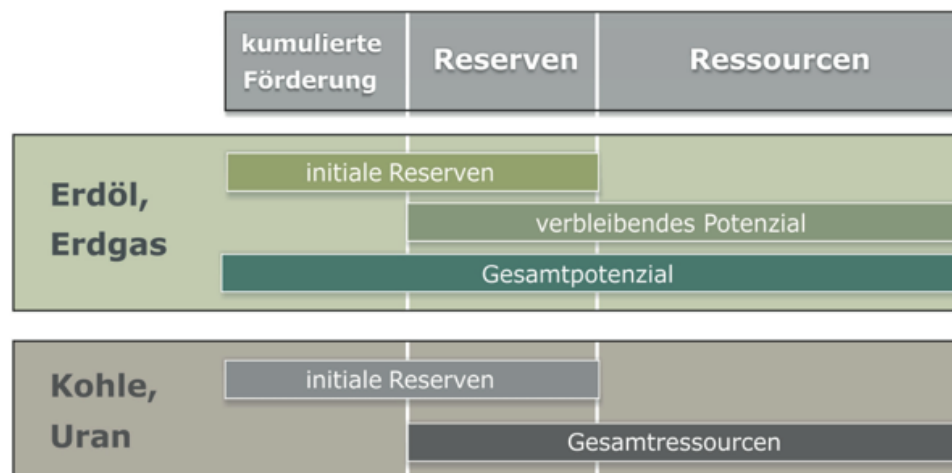


Abb. 3: Abgrenzung der Begriffe Reserven und Ressourcen<sup>21</sup>

**Erneuerbare** oder **regenerative Energieträger** stehen aus Sicht des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung. Ein Sonderfall der erneuerbaren Energieträger ist die Biomasse. Sie ist aus Sicht der Autoren die einzige Energiequelle, bei der der Mensch die Lebensdauer durch die Differenz zwischen Aufforstung und Verbrauch kontrollieren kann.<sup>22</sup>

Für den wirtschaftlichen Erfolg der Investition in eine neue Heizungsanlage ist aufgrund der langen Nutzungsdauer die Wahl des richtigen Energieträgers von großer Bedeutung. Die nächsten Kapitel widmen sich deshalb den relevanten Energieträgern mit Schwerpunkt auf die Verfügbarkeit und andere preisrelevante Einflussgrößen.

<sup>20</sup> Vgl. BGR, Energiestudie 2014, S. 123.

<sup>21</sup> Ebenda S. 124.

<sup>22</sup> Vgl. Regelous, Meyn (2011), S. 4.

### 3.1 Erdöl

Erdöl bezeichnet unterschiedliche chemische Gemische aus Kohlenwasserstoffen. Es wird seit über 150 Jahren industriell gefördert und wurde innerhalb weniger Jahrzehnte für Verkehrs- und Transportmittel, für die Wärmeerzeugung und für die chemische Industrie mit einem Anteil von 33 Prozent<sup>23</sup> am Primärenergieverbrauch zum wichtigsten Energierohstoff der Welt.

#### 3.1.1 Förderung und Verfügbarkeit von Erdöl

Einem konservativen Ansatz hinsichtlich einer potenziell wirtschaftlichen Gewinnbarkeit von Energierohstoffen folgend, würden die Erdölreserven bei künftig annähernd konstantem Verbrauch für rund 50 Jahre reichen.

Land / Region	Förderung	Kum. Förderung	Reserven	Ressourcen	Gesamtpotenzial	Verbl. Potenzial
Europa	164,8	9.706	2.116	6.992	18.814	9.108
GUS	671,3	26.920	18.055	49.307	94.282	67.362
Afrika	430,5	16.034	17.796	31.187	65.018	48.983
Naher Osten	1.333,5	48.682	108.459	29.940	187.082	138.399
Australien-Asien	384,6	14.188	6.067	35.516	55.772	41.583
Nordamerika	821,1	43.107	35.065	89.705	167.876	124.769
Lateinamerika	396,3	16.396	31.014	91.278	138.689	122.293
<b>Welt</b>	<b>4.202,0</b>	<b>175.033</b>	<b>218.573</b>	<b>333.925</b>	<b>727.531</b>	<b>552.498</b>

Tabelle 1: Übersicht Erdöl 2013 [Mio. t]<sup>24</sup>

#### 3.1.2 Heizöl

Heizöl ist ein aus Erdöl erzeugter Brennstoff und wird als Heizöl extra-leicht vor allem für Ölheizungen in Ein- und Mehrfamilienhäusern eingesetzt. In schwefelfreier Ausführung verbrennt es hauptsächlich zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasserdampf.

<sup>23</sup> Vgl. BGR, Energierohstoffe: Erdöl.

<sup>24</sup> Vgl. BGR, Energiestudie 2014, S. 73.

### 3.1.3 Transport und Verteilung von Heizöl

Aufgrund der ungleichen Verteilung der Erdölförder- und Verbraucherregionen wird Rohöl weltweit gehandelt. Rund zwei Drittel des geförderten Rohöls werden grenzüberschreitend und teilweise über große Entfernungen zu den Raffinerien transportiert.

Der Transport innerhalb der Kontinente erfolgt meist durch Pipelines, zwischen den Kontinenten wie z.B. vom Nahen Osten nach Europa mit Tankern. Die Transportkosten (auf den Energiegehalt bezogen) sind für Erdöl vor allem wegen der deutlich höheren Energiedichte wesentlich niedriger als für Erdgas.<sup>25</sup>

In den Raffinerien werden aus Erdöl durch Destillation, Reinigung (Entschwefelung) und Veredelung höherwertige Produkte wie z.B. Heizöl hergestellt. Westösterreich wird häufig von Raffinerien aus Süddeutschland mitversorgt. Heizöl wird neben anderen Destillaten in Produktenlagern zwischengelagert und von dort aus mittels Tankwagen bis zum Endverbraucher transportiert.

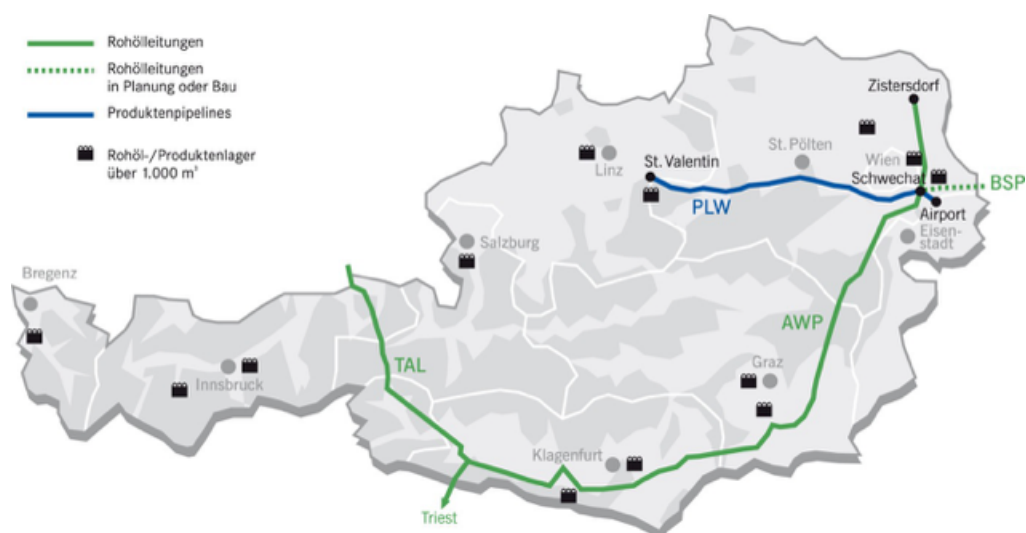


Abb. 4: Rohölleitungen und Rohöl-/Produktenlager in Österreich<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Vgl. BGR, Energierohstoffe 2009, S. 50.

<sup>26</sup> Erhalten von Wirtschaftskammer Österreich; Fachverband Mineralölindustrie.

### 3.1.4 Preisbildung Heizöl

Der Heizölpreis ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig. Berechnungsgrundlage für den Heizölpreis ist das börsennotierte Gasöl, der Grundstoff für Heizöl und Diesel. In der Regel korrelieren die Gasöl-Notierungen sehr eng mit den Rohölpreisen, doch Sondereinflüsse wie extreme Kälteperioden und damit verbundene Nachfragespitzen oder Raffinerieverfügbarkeiten, können eine zeitweise Abkoppelung bewirken.<sup>27</sup>

Rohöl wird täglich an den internationalen Warenterminbörsen gehandelt und in US-Dollar abgerechnet. Die wichtigsten Ölhandelsplätze sind New York und London. Für Europa ist dabei die Nordseemarke "Brent" ausschlaggebend. Neben Angebot und Nachfrage<sup>28</sup>, wirken sich immer wieder politische und meteorologische Ereignisse in nicht unerheblichem Maße aus. Zum einen bestimmt die wirtschaftliche Entwicklung die Nachfrage nach Rohöl, zum anderen können politische Unruhen im Mittleren Osten oder in anderen wichtigen Exportländern zu Störungen bei den Öllieferungen führen. Oft können diese nicht kurzfristig durch andere Länder ausgeglichen werden, was letztendlich auch den Heizölpreis in die Höhe treibt. Darüber hinaus werden sowohl die Preise für Rohöl und Gasöl als auch die Wechselkurse der Währungen immer wieder durch Spekulanten beeinflusst. Die Ausschläge der Kurse nach oben oder unten können sich dadurch über das ursprüngliche Maß hinaus verstärken.

### 3.1.5 Preiskomponenten Heizöl

Der Gesamtpreis für Haushaltskunden setzt sich aus dem Heizölpreis, der Mineralölsteuer,<sup>29</sup> dem Abfüllpauschale und der Umsatzsteuer zusammen.

---

<sup>27</sup> Vgl. Fastenergy, Ölpreise.

<sup>28</sup> Vgl. Frondel, Sommer, Barabas, Schmidt in ET, Heft 5 (2015), S. 26.

<sup>29</sup> Vgl. § 3 Abs. 3 MOeStG.



1	2	3	4	5 = 2 + 3 + 4	6 = 5 plus 20% USt.	7 = 6 ÷ 1
Heizöl schwefelfrei	Heizölpreis	Mineralölsteuer	Abfüllpauschale	Gesamtpreis	Gesamtpreis	Gesamtpreis
Liefermenge in l	ohne USt. in EUR/l	ohne USt. in EUR/l	ohne USt. in EUR	ohne USt. in EUR	inkl. 20% USt. in EUR	inkl. 20% USt. in EUR/l
2.000	0,5220	0,0980	29,00	1.269,00	1.522,80	0,7614

Tabelle 2: Zusammensetzung Heizölpreis<sup>30</sup>

### 3.1.6 Fazit

Erdöl bleibt laut Einschätzung des BGR weltweit der wichtigste Energieträger, ist aber zugleich der einzige fossile Energieträger, bei dem in den kommenden Jahrzehnten eine steigende Nachfrage wahrscheinlich nicht mehr gedeckt werden kann.<sup>31</sup>

Andererseits zeigten die Erfahrungen aus den letzten Jahren, dass bei beständig hohen Ölpreisen durch technologische Weiterentwicklungen neue Potentiale erschlossen werden. Die Förderung von Erdöl aus nicht-konventionellen Quellen wie Ölschiefer und Ölsande speziell in den USA und Kanada haben mittlerweile ein globales Ausmaß erreicht.<sup>32</sup>

Zusätzlich ließe sich durch die Verwendung von Bioheizöl<sup>33</sup> der Verbrauch und damit die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen reduzieren. Neben der Verringerung von Treibhausmissionen und einer preisstabilisierenden Wirkung wird jedoch aufgrund weltweit steigender Nahrungsmittelnachfrage der Konflikt zwischen Nahrungsmittelproduktion und dem Anbau von Energiepflanzen zunehmen.

Damit dürfte auch bei steigendem Verbrauch<sup>34</sup> die Erdölversorgung für die nächsten Jahrzehnte gesichert sein und erscheinen die Aussagen des BGR zu pessimistisch.

<sup>30</sup> Eigene Darstellung; Preisbasis 31.07.2015, günstigstes Angebot für Lieferung nach 6065 Thaur.

<sup>31</sup> Vgl. BGR, Energiestudie 2014, S. 11.

<sup>32</sup> Vgl. Frondel, Sommer, Barabas, Schmidt in ET, Heft 5 (2015), S. 26.

<sup>33</sup> Schwefelarmes Heizöl, dem bis zu 20% Anteil an flüssigen Brennstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen beigemischt wird.

<sup>34</sup> Aufgrund von Effizienzmaßnahmen und dem globalen Trend Richtung erneuerbarer Energieträger eher unwahrscheinlich; BP geht beim aktuellen Energy Outlook 2035 weltweit nur von einem moderat steigenden Erdölverbrauch aus.

## 3.2 Erdgas

Erdgas ist ein Gemisch aus mehreren gasförmigen Substanzen und besteht zu etwa 97 % aus Methan sowie aus Äthan, Propan, Butan und nicht brennbaren Stoffen wie Kohlendioxid und Stickstoff. Im Vergleich zu anderen fossilen Brennstoffen entsteht dadurch bei der Verbrennung weniger CO<sub>2</sub>.

Aufgrund seiner vielfältigen Einsatzmöglichkeiten hat es als Energieträger in den letzten 30 Jahren in Haushalt, Gewerbe und Industrie einen rasanten Aufschwung erlebt und ist der Verbrauch durch den zunehmenden Einsatz in der Verstromung und im Transportwesen stark gestiegen.

### 3.2.1 Förderung und Verfügbarkeit

Einem konservativen Ansatz hinsichtlich einer potenziell wirtschaftlichen Gewinnbarkeit von Erdgas, insbesondere den niedrig angesetzten Ressourcen aus Gashydrat folgend, würden die Erdgasreserven bei dem unterstellten Verbrauchswachstums analog dem Erdöl ebenfalls für rund 50 Jahre reichen.

Land / Region	Förderung	Kum. Förderung	Reserven	Ressourcen	Gesamtpotenzial	Verbl. Potenzial
Europa	276,3	12.062	3.983	20.510	36.554	24.493
GUS	817,1	28.832	63.319	180.312	272.462	243.631
Afrika	202,2	3.963	14.544	81.443	99.950	95.987
Naher Osten	566,8	7.580	80.311	48.864	136.754	129.175
Australien-Asien	492,5	9.098	16.461	132.075	157.634	148.536
Nordamerika	887,8	40.959	11.715	113.410	166.084	125.124
Lateinamerika	178,3	3.751	7.718	61.735	73.205	69.454
<b>Welt</b>	<b>3.421,0</b>	<b>106.244</b>	<b>198.051</b>	<b>638.349</b>	<b>942.643</b>	<b>836.399</b>

Tabelle 3: Übersicht Erdgas 2013 [Mio. t]<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Vgl. BGR, Energiestudie 2014, S. 83.

### 3.2.2 Transport und Verteilung

Die Erdgasversorgung erfolgt leitungsgebunden über das Gasnetz. Der Transport und die Verteilung des Erdgases mittels Rohrleitungen ermöglicht die sichere Bewegung unterschiedlichster Gasmengen über weite Strecken. Das geförderte Erdgas wird nahe den Förderstellen an zentral gelegenen Gasaufbereitungsanlagen gereinigt, auf die erforderliche Qualität für den Verkauf gebracht und direkt in das Erdgasnetz eingespeist oder nach Verflüssigung mittels Spezialschiffen als LNG<sup>36</sup> transportiert und an LNG-Terminals in das Netz eingespeist.

Um dem schwankenden Abnahmebedarf an Erdgas Rechnung zu tragen, müssen Erdgasproduzenten und Gasversorgungsunternehmen Erdgas speichern. Als Speicher dienen ausgeförderte Lagerstätten, künstlich angelegte Kavernen in Salzstöcken und in Fels und für kleine Mengen oberirdische Behälter.

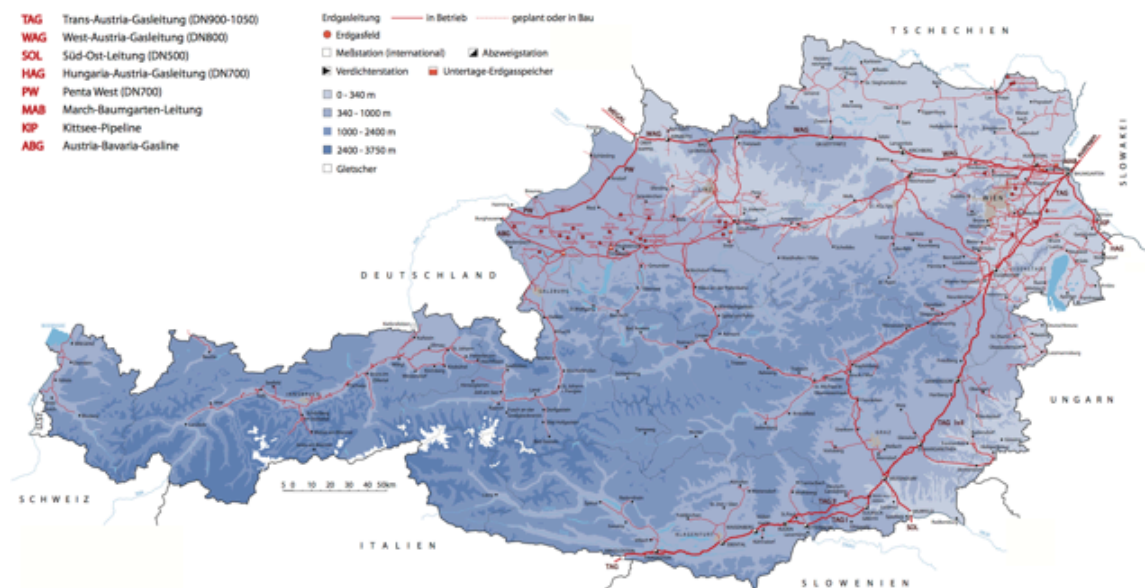


Abb. 5: Erdgasleitungen und Erdgaslagerstätten in Österreich<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Liquified Natural Gas.

<sup>37</sup> Siehe E-Control, Gasnetz.

Seit 01.10.2002 ist in Österreich der Gasmarkt völlig liberalisiert<sup>38</sup> und wurde das Modell des „regulierten Netzzuganges“ mit der E-Control<sup>39</sup> als Regulator verwirklicht.

Voraussetzung für die Lieferung von Erdgas durch einen Lieferanten ist ein aufrechter Netzzugangsvertrag zwischen dem Kunden (Netzbenutzer) und dem Verteilernetzbetreiber.

### **3.2.3 Preisbildung**

Bis etwa 2010 erfolgte eine Vielzahl der Großhandelsgeschäfte im Gasbereich über bilaterale langfristige Verträge, die über mehrere Jahrzehnte liefen und in der Regel eine Preisbindung an den Heizölpreis und damit indirekt an den Rohölpreis aufwiesen.

Mittlerweile entwickeln sich in Europa immer liquider werdende Handelsplätze wie Gas-Börsen oder Hubs.<sup>40</sup> Die Preise an diesen Hubs oder Börsen folgen dabei nicht nur dem Ölpreis, sondern ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage und bilden zunehmend die Basis der von den Lieferanten in Rechnung gestellten Energiepreise.

### **3.2.4 Preiskomponenten**

Der Erdgaspreis für Endkunden setzt sich aus dem von der E-Control festgelegten Netznutzungsentgelt (Arbeitspreis und Pauschale-Leistungspreis) für den jeweiligen Netzbetreiber, dem vom Lieferanten angebotenen Lieferentgelt sowie aus dem Entgelt für Messleistungen, Abgaben und Steuern zusammen.

Die TIGAS ist der einzige Netzbetreiber im Bundesland Tirol und in ihrem Verteilernetz mit Stand 31.07.2015 auch der günstigste Lieferant.

---

<sup>38</sup> Kunden ist der Zugang zum Versorgungsnetz zu gewähren und die freie Wahl des Gaslieferanten zu ermöglichen.

<sup>39</sup> Die E-Control ist die österreichische Regulierungsbehörde für die leitungsgebundenen Energien Elektrizität und Erdgas.

<sup>40</sup> Begriff aus Logistik, bedeutet Hauptumschlagbasis.

### TIGAS-Erdgaspreise für Haushaltskunden, gültig ab 01.01.2015

- Gesamtarbeitspreise:

1	2	3	4 = 2 + 3	5	6 = 4 + 5	7 = 6 + 20% USt.
Jahresmengenzone in kWh/Jahr	Netznutzungs- entgelt Arbeitspreis ohne USt. in Cent/kWh	Lieferentgelt ohne USt. in Cent/kWh	Gesamtarbeits- preis ohne USt. in Cent/kWh	Erdgasabgabe ohne USt. in Cent/kWh	Gesamtarbeitspreis inkl. Erdgasabgabe ohne USt. in Cent/kWh	Gesamtarbeitspreis inkl. Erdgasabgabe inkl. 20% USt. in Cent/kWh
0 bis 40.000	1,8111	2,9900	4,8011	0,5877	5,3888	6,46656

Tabelle 4: TIGAS-Gesamtarbeitspreise<sup>41</sup>

- Pauschale-Leistungspreis:<sup>42</sup>

Zusätzlich zum Netznutzungsentgelt-Arbeitspreis wird im Marktgebiet Tirol bei Anlagen ohne Leistungsmessung vom Netzbetreiber eine Pauschale in Höhe von monatlich € 2,50 zuzüglich 20 % USt. verrechnet.

- Entgelt für Messleistungen:<sup>43</sup>

Die Messeinrichtungen werden vom Netzbetreiber gegen ein monatliches Entgelt in Höhe von € 1,35 zuzüglich 20 % USt. beigestellt, betrieben und geeicht.

Durch das Netznutzungsentgelt werden dem Netzbetreiber die Kosten für Errichtung, Ausbau, Instandhaltung usw. des Versorgungsnetzes abgegolten. Die in der GSNE-VO festgelegten Tarife werden nach Netzbereichen und -ebenen unterschieden und beziehen sich auf den Zeitraum eines Jahres. Der Erdgasverbrauch wird vom Netzbetreiber in m<sup>3</sup> gemessen und durch Multiplikation mit dem Verrechnungsbrennwert<sup>44</sup> in kWh umgerechnet.

<sup>41</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an das TIGAS Produkt- und Preisblatt, gültig ab 01.01.2015.

<sup>42</sup> Vgl. § 15 Abs. 6 Satz 2 lit.g GSNE-VO 2013.

<sup>43</sup> Vgl. § 10 Abs. 8 Satz 1. GSNE-VO 2013.

<sup>44</sup> Vgl. § 2 Abs. 1 Satz 13 GSNE-VO 2013 (11,23 kWh/m<sup>3</sup> für das Marktgebiet Tirol).

Die vom Netzbetreiber zusätzlich zum Netznutzungsentgelt zu verrechnende Erdgasabgabe<sup>45</sup> beträgt 6,6 Cent je Normkubikmeter. Das entspricht bei dem derzeit geltenden Verrechnungsbrennwert einem Betrag von 0,5877 Cent/kWh zuzüglich 20 % Umsatzsteuer.

Durch das einmalig zu leistende Netzzutrittsentgelt werden dem Netzbetreiber alle Aufwendungen abgegolten, die mit der erstmaligen Herstellung eines Anschlusses an das Erdgasnetz eines Netzbenutzers unmittelbar verbunden sind. Für eine Anschlussleistung bis 60 kW und eine Anschlusslänge bis zu 10 Meter auf dem zu erschließenden Grundstück beträgt das Netzzutrittsentgelt der TIGAS<sup>46</sup> im Regelfall pauschal € 1.650,- zuzüglich 20 % Umsatzsteuer.

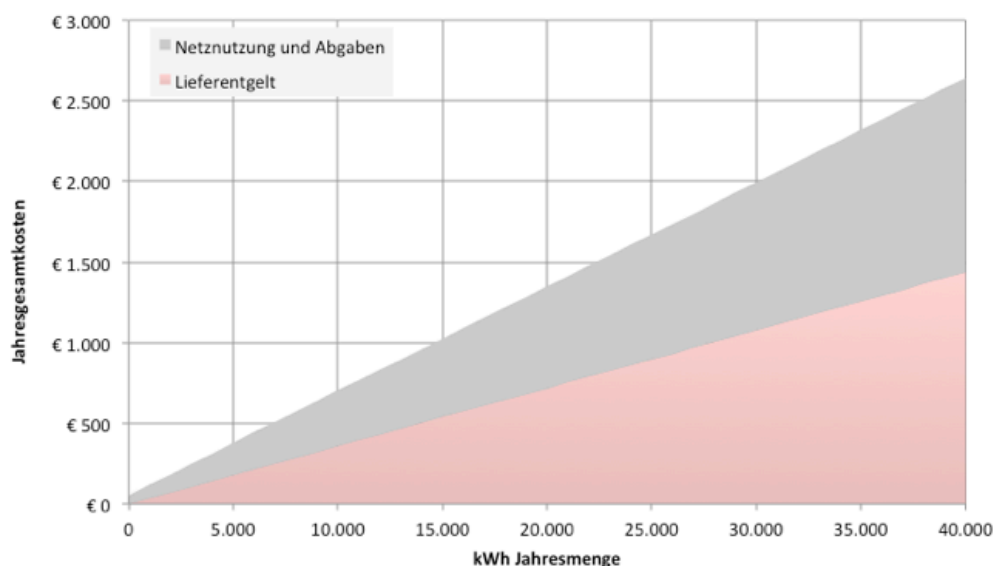


Abb. 6: Erdgas-Jahresgesamtkosten<sup>47</sup>

Die Jahresgesamtkosten (brutto) eines Tiroler Haushaltes setzen sich damit zu 54 % aus dem Lieferentgelt (liberalisierter Teil) und zu 46 % aus dem Netzentgelt und Abgaben (regulierter Teil) zusammen.

<sup>45</sup> Vgl. § 5 Abs. 2 Erdgasabgabengesetz.

<sup>46</sup> Vgl. TIGAS Produkt- und Preisblatt, gültig ab 01.01.2015.

<sup>47</sup> Eigene Darstellung.

### 3.2.5 Fazit

Erdgas ist aus geologischer Sicht noch in sehr großen Mengen vorhanden.

Rund 80 % der globalen Erdgasreserven befinden sich in Ländern der GUS sowie im Nahen Osten aber nur 36 % der globalen Ressourcen. Dies lässt den Schluss zu, dass sich langfristig derzeitige Abhängigkeiten ändern werden. Ein erstes Indiz dafür ist, dass Australien und die USA verflüssigtes Erdgas exportieren wollen.

Zudem soll mit Biogas, das ganzjährig, witterungsunabhängig aus regenerativen heimischen Ressourcen (Biomasse) produzierbar, plan- und regelbar ist, in Mitteleuropa ein nachhaltiges, heimisches und insbesondere CO<sub>2</sub>-neutrales Entsorgungs- und Energieversorgungssystem geschaffen werden. Auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas ist mit konventionellem Erdgas chemisch völlig identisch und kann daher unbeschränkt in das Erdgasnetz eingespeist und damit auch gespeichert werden.<sup>48</sup>

Mit Power-to-Gas könnte die Energiewende im Stromsektor unterstützt werden. Die volatile Einspeisung von immer mehr regenerativ erzeugtem Strom aus Windkraft und Photovoltaik führt netzbedingt zu Situationen, in denen diese Energie teilweise ungenutzt bleibt. Mit dem überschüssigen Ökostrom könnte Wasser (H<sub>2</sub>O) mittels Elektrolyse in Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) aufgespalten und der Wasserstoff bis zu einem Beimischungsverhältnis von maximal 5 Prozent direkt ins Erdgasnetz eingespeist werden. Alternativ könnte aus dem regenerativ gewonnenen Wasserstoff und dem „Abgas“ Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) mittels Methansynthese synthetisches Erdgas erzeugt und damit unbegrenzt beigemischt werden. Die technische Machbarkeit ist gegeben, für einen wirtschaftlichen Betrieb fehlt allerdings noch ein schlüssiges Marktmodell.<sup>49</sup>

---

<sup>48</sup> Vgl. Zukunft Erdgas e.V, Bio-Erdgas.

<sup>49</sup> Vgl. Zukunft Erdgas e.V, Power-to-Gas.

### **3.3 Biomasse am Beispiel Holzpellets**

Die seit Jahrtausenden verwendete Energiequelle Holz wurde in den vergangenen Jahrhunderten zunehmend von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl oder Gas verdrängt. Mit dem steigenden Energieverbrauch, der Endlichkeit fossiler Ressourcen, der Versorgungsunsicherheit und dem steigenden Klimaschutzbedürfnis erlebt Heizen mit Holz eine Renaissance.

Holzpellets sind ein vergleichsweise junger Brennstoff. Der erste Holzpellets-Ofen für Privathaushalte wurde 1983 in den USA entwickelt. Dort setzte sich der Brennstoff rasch durch und wurde seit etwa 1990 in Schweden und Österreich für Heizzwecke verwendet. In Deutschland wurden sie dagegen erst 1996 als Heizmaterial zugelassen.<sup>50</sup>

#### **3.3.1 Produktion und Verfügbarkeit**

Holzpellets werden vorwiegend aus Hobel- und Sägespänen hergestellt, die in Sägewerken oder der Holzverarbeitenden Industrie anfallen. Diese Späne werden getrocknet, vermahlen, mit ca. 1 % biogenem Presshilfsmittel (pflanzliche Stärke) vermischt, durch eine Matrize gepresst und anschließend auf die gewünschte Länge abgeschnitten. Durch den hohen Pressdruck und die Hitze beim Pressvorgang erhalten die Pellets ihre Festigkeit.

Holzpellets sind ein genormter Brennstoff. Seit September 2014 regelt die weltweite Norm ISO 17225-2, welche Eigenschaften Holzpellets haben müssen. Die Norm definiert drei unterschiedliche Qualitätsklassen: A1, A2 und B. Pellet-Produzenten müssen stets angeben, welche Qualitätsklasse sie produzieren und an ihre Kunden liefern. Die meisten Hersteller von Pellets-Zentralheizungskesseln für Einfamilienhäuser haben ihre Produkte für die Qualitätsklasse A1 ausgelegt.

---

<sup>50</sup> Vgl. Energie Agentur NRW, Aktion Holzpellets.



Zusätzlich garantiert das Qualitätssiegel *ENplus*<sup>51</sup> dem Kunden, dass die Qualität der gelieferten Pellets tatsächlich den in der ISO-Norm angeführten Werten entspricht und diese Unternehmen regelmäßig durch unabhängige Experten überprüft werden.

Aktuell werden an 37 Standorten in Österreich Pellets produziert, die in den europäischen Warenverkehr vor allem mit den benachbarten Ländern eingebunden sind.

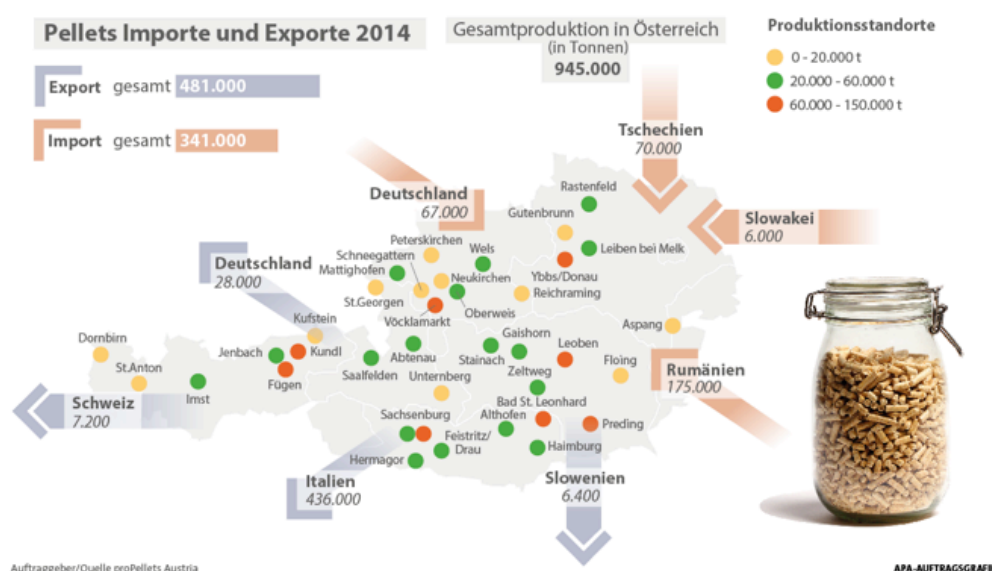


Abb. 7: Pellets Importe und Exporte 2014<sup>52</sup>

Österreich gehört mit einem Bedeckungsgrad von knapp 50 % zu den walddreichsten Ländern Europas. Durch die strengen Regeln des Forstgesetzes wird der Wald in Österreich seit über 100 Jahren nachhaltig bewirtschaftet. Das bedeutet, dass die Menge des geernteten Holzes nicht größer sein darf als die Menge des jährlich nachwachsenden Holzes.<sup>53</sup> In den vergangenen Jahrzehnten wurde in Österreich weniger Holz geerntet als zugewachsen ist, sodass die in den Wäldern stehenden Holz-mengen beständig zugenommen haben.

<sup>51</sup> Vgl. *ENplus-Handbuch*, (2015), S. 10.

<sup>52</sup> Siehe Pro Pellets Austria, Statistische Daten.

<sup>53</sup> Vgl. Österreichischer Waldbericht (2015), S. 11 - 13.

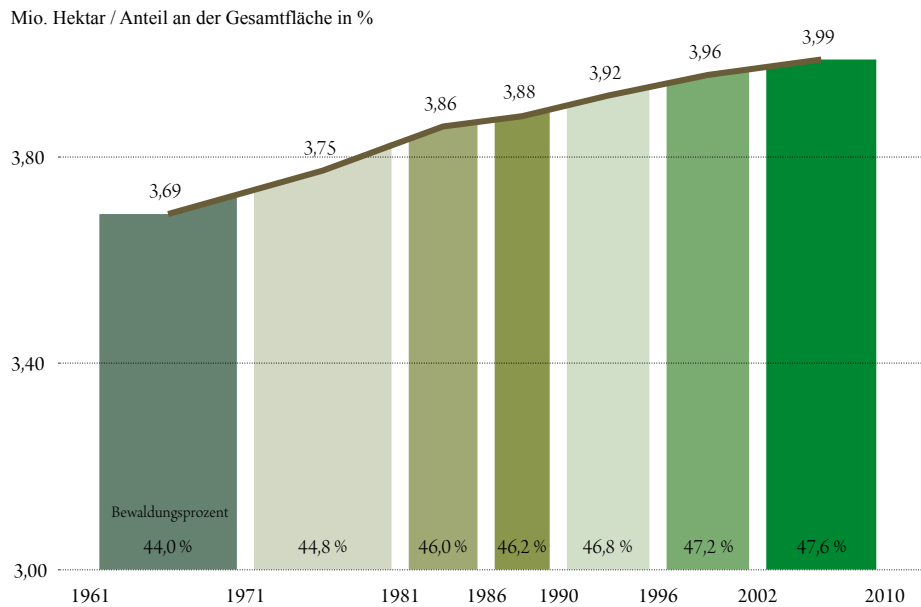


Abb. 8: Entwicklung der Waldfläche in Österreich<sup>54</sup>

Durch vermehrten Holzeinsatz für energetische Zwecke nimmt die Geschwindigkeit der Waldflächenzunahme allerdings ab.

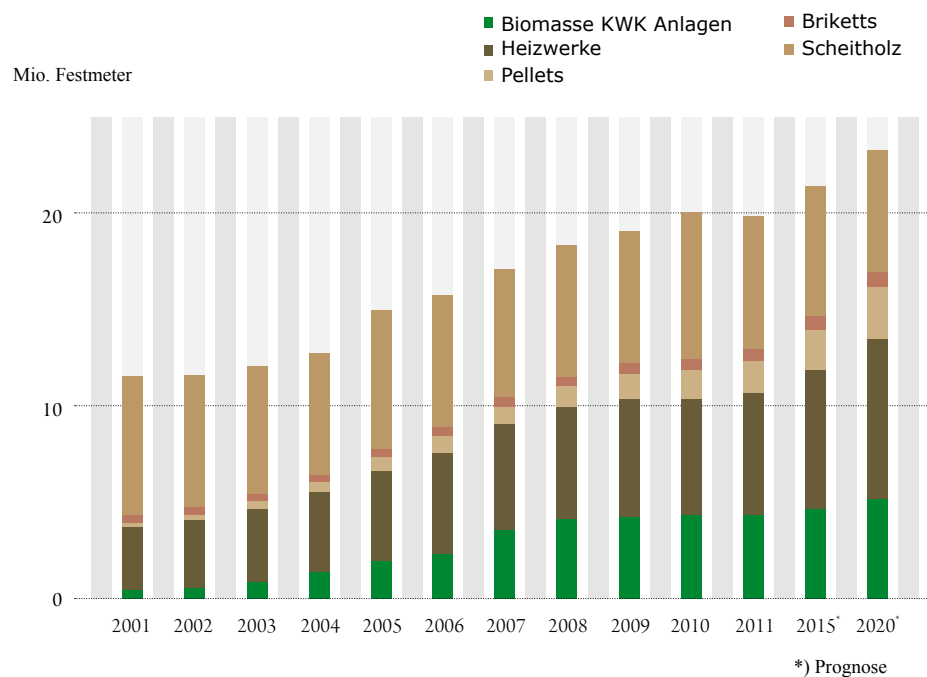


Abb. 9: Holzeinsatz in Österreich für energetische Verwendung<sup>55</sup>

<sup>54</sup> Siehe Österreichischer Waldbericht (2015), S. 28.

<sup>55</sup> Ebenda, S. 120.

### 3.3.2 Transport und Verteilung

Die Pellets werden nach der Produktion in Silos zwischengelagert und von dort aus als lose Ware mittels Tankwagen bis zum Endverbraucher transportiert, wo sie in den Lagerraum eingeblasen werden. Durch die regionale Produktion sind kurze Transportwege gewährleistet.

### 3.3.3 Preisbildung

Durch die steigende Anzahl von regionalen, mittelständischen Akteuren ist eine wesentliche Voraussetzung für einen funktionierenden Markt gegeben. Da bei der Pelletsproduktion der Wareneinsatz aus Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen bei rund 80% liegt,<sup>56</sup> wird der Pelletspreis überwiegend von den Rohstoffpreisen sowie den Kosten für Lagerhaltung und Logistik (Spezialfahrzeuge, Diesel, Maut) bestimmt. Pelletspreise weisen eine charakteristische jahreszeitliche Schwankung auf. Aufgrund der höheren Verfügbarkeit des Rohstoffes Holz produziert die Sägeindustrie im Sommer mehr Pellets als im Winter und versuchen die Produzenten zur Einsparung von Lagerkosten Kunden durch entsprechende Preisgestaltung zur vorzeitigen Einlagerung zu animieren.

### 3.3.4 Preiskomponenten

Der Gesamtpreis für Haushaltskunden setzt sich aus dem Pelletspreis, dem Abfüllpauschale und der Umsatzsteuer zusammen.

1	2	3	4 = 2 + 3	5 = 4 + 20% USt.	6 = 5 ÷ 1
Pellets lose ENplus	Pelletpreis	Abfüllpauschale	Gesamtpreis	Gesamtpreis	Gesamtpreis
Liefermenge in kg	ohne USt. in EUR/kg	ohne USt. in EUR	ohne USt. in EUR	inkl. 20% USt. in EUR	inkl. 20% USt. in EUR/kg
5.000	0,1900	32,50	982,50	1.179,00	0,2358

Tabelle 5: Zusammensetzung Pelletspreis<sup>57</sup>

<sup>56</sup> Vgl. Behr (2009), S. 9.

<sup>57</sup> Eigene Darstellung; Preisbasis 31.07.2015, günstigstes Angebot für die Lieferung nach 6065 Thaur.

### 3.3.5 Fazit

Pellets sind ein zukunftsfähiger Brennstoff der mit hoher Effizienz CO<sub>2</sub>-neutral verbrannt werden kann. Sie sind als nachhaltiger, regionaler Brennstoff flächendeckend verfügbar. Die Rohstoffversorgung scheint auch längerfristig gesichert zu sein und es besteht keine Importabhängigkeit. Experten gehen davon aus, dass allein aus dem Angebot an Sägenebenprodukten wie Sägespänen und Hackschnitzeln aus der österreichischen Sägeindustrie die Pelletsproduktion auf bis zu zwei Millionen Tonnen pro Jahr und damit verdoppelt werden könnte.<sup>58</sup> Auch die Nutzung von Durchforstungsholz als Rohstoff für die Pelletsproduktion wäre problemlos möglich.

## 3.4 Elektrische Energie

Eigentlich wird Strom nicht erzeugt. Vielmehr findet eine Umwandlung aus anderen Primärenergieträgern statt.

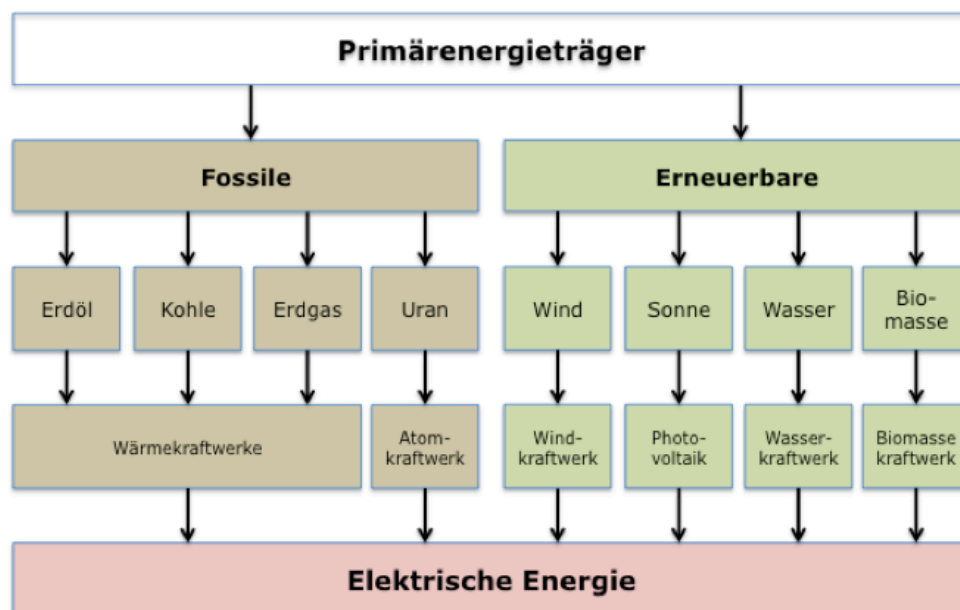


Abb. 10: Möglichkeiten zur Erzeugung elektrischer Energie<sup>59</sup>

<sup>58</sup> Vgl. Heizinos, Pelletspreise und Versorgungssicherheit.

<sup>59</sup> Eigene Darstellung.

Als Geburtsstunde der elektrischen Energieversorgung gilt die Präsentation der ersten einsetzbaren Drehstromtransformatoren und Drehstrommotoren sowie eines Hochspannungsübertragungssystems auf der Weltausstellung 1891 in Frankfurt.<sup>60</sup>

Anschließend nahm der Bedarf an elektrischer Energie bis 2005 stark zu.

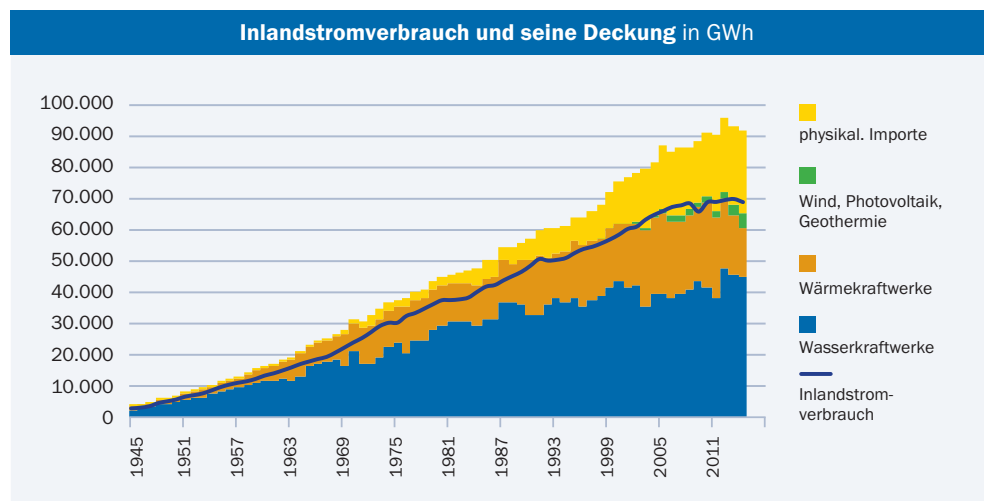


Abb. 11: Stromverbrauch und Deckung in Österreich<sup>61</sup>

Wie die vorstehende Abbildung zeigt, nimmt in Österreich das Stromverbrauchswachstum ab, halten sich Importe und Exporte mengenmäßig etwa die Waage, sinkt die Erzeugung aus Wärmekraftwerken und stammen über 70% der heimischen Erzeugung aus erneuerbaren Energieträgern.

Seinen Stromanbieter zu wechseln war noch vor fünfzehn Jahren in vielen Teilen Europas undenkbar, zumal die Energieversorgung auch in liberalen Wirtschaftssystemen zu den Kernaufgaben des Staates gehörte. Mit der Liberalisierung des europäischen Energiemarktes wurde ein europaweiter Marktplatz für den freien Stromhandel geschaffen, mit dem

<sup>60</sup> Vgl. Heck, Dettmann, Schulz (2013), S. 1.

<sup>61</sup> Siehe E-Control: Statistikbroschüre 2015, S. 23.

Ziel, den Strom vor allem dort zu erzeugen, wo dies besonders wirtschaftlich und umweltschonend möglich ist, um dann diese Energie über Transportnetze dorthin zu liefern, wo sie aktuell benötigt wird.

Seit 01.10.2001 ist in Österreich der Strommarkt völlig liberalisiert<sup>62</sup> und wurde das Modell des „regulierten Netzzuganges“ mit der E-Control als Regulator verwirklicht.

### **3.4.1 Transport und Verteilung**

Der Transport und die Verteilung von elektrischer Energie erfolgt leitungsgebunden über das Stromnetz, das hierarchisch nach Spannungsebenen strukturiert ist. Höchstspannungsnetze mit 220 kV oder 380 kV und Hochspannungsnetze mit 110 kV übertragen große Mengen elektrischer Energie über längere Distanzen und dienen auch dem internationalen Austausch. Über weit verzweigte Verteilernetze – Mittelspannungsnetze zwischen 1 kV und 110 kV und Niederspannungsnetze kleiner 1 kV – wird die elektrische Energie bis hin zum Endverbraucher geliefert. Für die Errichtung, den Ausbau, die Instandhaltung und Betrieb des Stromnetzes sind die Netzbetreiber verantwortlich. Dabei verfügt jeder Netzbetreiber über ein festgelegtes Netzgebiet. Das heißt, der Wohnort oder Unternehmensstandort eines jeden Kunden bestimmt, wer der zuständige Netzbetreiber ist. Auch bei einem Wechsel des Energielieferanten bleibt also der Netzbetreiber immer derselbe.

### **3.4.2 Preisbildung**

Der Großteil der Stromlieferungen wird bis zu 5 Jahre im Vorhinein direkt zwischen Erzeugern und Abnehmern gehandelt wobei auch Zwischenhändler (Broker) als Vermittler fungieren können (OTC-Handel). Ein wachsender Bereich ist der Börsenhandel, bei welchem Erzeuger, Händler oder Stromabnehmer Verkaufs- oder Kaufangebote an den

---

<sup>62</sup> Kunden ist der Zugang zum Verteilernetz zu gewähren und die freie Wahl des Stromlieferanten zu ermöglichen.

Strombörsen abgeben, die Börsen Nachfrage- und Angebotskurven in Deckung bringen (Clearing) und so Preise und Liefermengen ermittelt werden. Dabei führt die Merit Order<sup>63</sup> der Kraftwerke im Marktgebiet bei gegebener Stromnachfrage zu jedem Zeitpunkt zum kostengünstigsten Kraftwerkseinsatz. Die Grenzkosten eines Kraftwerks ermitteln sich im Wesentlichen aus den Brennstoffkosten, dem jeweiligen Wirkungsgrad, den Kosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate sowie den variablen Betriebskosten. Im Fall eines Einsatzes von fossilen Energieträgern ergibt sich eine starke Abhängigkeit vom aktuellen Preis des verwendeten Primärenergieträgers, während dessen bei erneuerbaren Energieträgern (Wind, Sonne, Wasser) keine Brennstoffkosten anfallen. Durch den weiteren (geförderten) Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern werden die laut Merit Order Kurve teuersten konventionellen Kraftwerke verdrängt und die Großhandelspreise sinken. Unwirtschaftlich zu betreibende oder stillzulegende konventionelle Kraftwerke sind die Folge und stellen deren Betreiber vor große finanzielle Herausforderungen. Die für das Marktgebiet Deutschland/Österreich relevante Strombörse ist die EEX in Leipzig. Der EEX-Preis ist der Referenzpreis, zu dem die zueinander im Wettbewerb stehenden Stromlieferanten die elektrische Energie für die Versorgung ihrer Kunden beschaffen. Derzeit gibt es über 130 Stromlieferanten in Österreich, wovon einige ihre Produkte österreichweit anbieten, sodass jeder Stromkunde in Österreich durchschnittlich unter 10 verschiedenen Lieferanten wählen kann.

### 3.4.3 Preiskomponenten

Der Strompreis für Endkunden setzt sich aus den gesetzlich geregelten Netzentgelt, dem vom Lieferanten angebotenen Energiepreis sowie dem Entgelt für Messleistungen, Abgaben und Steuern zusammen.

Die TIWAG-Tiroler Wasserkraftwerke AG gehört seit Beginn der Liberalisierung zu den günstigsten Stromversorgern in Tirol.

---

<sup>63</sup> Sortierte Grenzkostenkurve.

## TIWAG-Strompreise für Haushaltskunden, gültig ab 01.06.2015

- Gesamtarbeitspreise:

1	2	3	4 = 2 + 3	5	6	7 = 4 + 5 + 6	7 = 6 + 20% USt.
Jahresmenge in kWh/Jahr	Netzentgelt Arbeitspreis ohne USt. in Cent/kWh	Energiepreis Arbeitspreis ohne USt. in Cent/kWh	Gesamtarbeits- preis ohne USt. in Cent/kWh	Ökostrom- förderbeitrag Arbeitspreis ohne USt. in Cent/kWh	Energieabgabe ohne USt. in Cent/kWh	Gesamtarbeits- preis inkl. Abgaben ohne USt. in Cent/kWh	Gesamtarbeits- preis inkl. Abgaben inkl. 20% USt. in Cent/kWh
0 bis 100.000	3,8560	5,7870	9,6430	1,3650	1,5000	12,5080	15,0096

Tabelle 6: TIWAG-Gesamtarbeitspreise<sup>64</sup>

Die in der SNE-VO geregelten Arbeitspreise für das Netzentgelt<sup>65</sup> setzen sich aus dem Netznutzungsentgelt und dem Netzverlustentgelt zusammen. Das Netzentgelt, der verordnete Ökostromförderbeitrag<sup>66</sup> und die gesetzlich festgelegte Energieabgabe<sup>67</sup> werden vom Netzbetreiber eingehoben.

- Grundpreis / Pauschale:

Zusätzlich zum Arbeitspreis für Energie verrechnet die TIWAG jährlich einen Grundpreis in Höhe von € 12,00 zuzüglich Umsatzsteuer.<sup>68</sup>

Gemäß den gesetzlichen Bestimmungen hebt der Netzbetreiber jährlich pro Zählpunkt jeweils zuzüglich 20 % USt. ein:

- € 19,20 für die Netznutzung<sup>69</sup>,
- € 33,00 für das Ökostrompauschale<sup>70</sup>,
- € 4,946 für den Ökostromförderbeitrag<sup>71</sup> und
- € 1,25 für das KWK-Pauschale<sup>72</sup>

<sup>64</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an das TIWAG FAIRPLUS Produkt- und Preisblatt, gültig ab 01.06.2015.

<sup>65</sup> Vgl. §§ 3, 4 und 6 SNE-VO.

<sup>66</sup> Vgl. § 2 Abs. 2 und 3 Ökostromförderbeitragsverordnung.

<sup>67</sup> Vgl. § 4 Abs. 2 Elektrizitätsabgabegesetz.

<sup>68</sup> TIWAG FAIRPLUS Produkt- und Preisblatt, gültig ab 01.06.2015.

<sup>69</sup> Vgl. § 4 SNE-VO.

<sup>70</sup> Vgl. § 1 Ökostrompauschale-Verordnung.

<sup>71</sup> Vgl. § 2 Abs. 1 Ökostromförderbeitragsverordnung.

<sup>72</sup> Vgl. § 10 KWK-Gesetz.



- Entgelt für Messleistungen:<sup>73</sup>

Die Messeinrichtungen werden vom Netzbetreiber gegen ein monatliches Entgelt in Höhe von € 2,40 zuzüglich 20% USt. beigestellt, betrieben und geeicht.

Das einmalig zu leistende Netzzutrittsentgelt<sup>74</sup> für die erstmalige Herstellung eines Anschlusses an das Verteilernetz der TINETZ beträgt für einen Haushaltskunden pauschal € 906,- zuzüglich 20 % Umsatzsteuer. Das Netzbereitstellungsentgelt für den Erwerb oder die Erhöhung eines Netznutzungsrechtes für Haushaltskunden auf der Netzebene 7<sup>75</sup> beträgt € 193,-/kW zuzüglich 20% Umsatzsteuer.

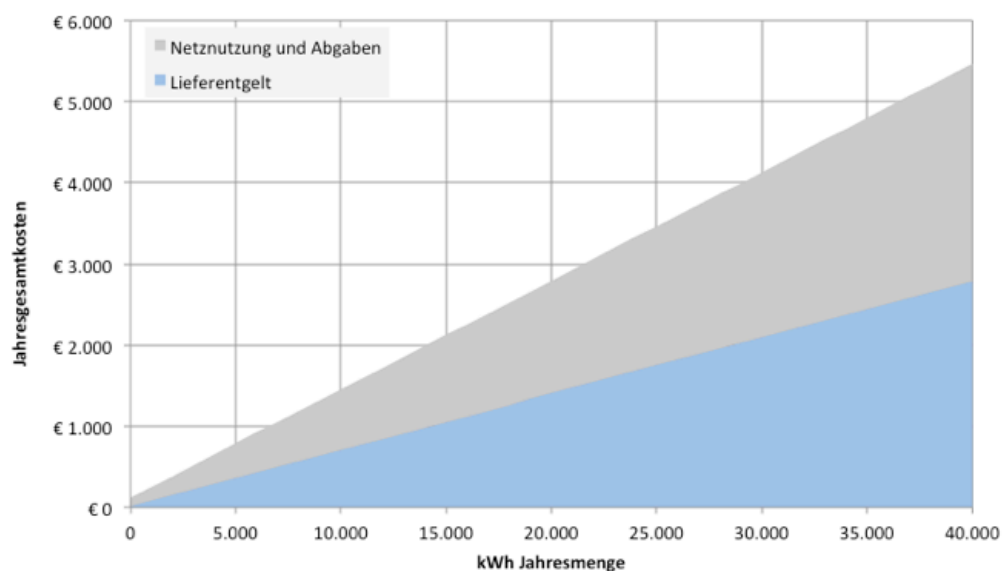


Abb. 12: Strom-Jahresgesamtkosten<sup>76</sup>

Die aus obigen Preisen ermittelten Jahresgesamtkosten (brutto) eines Tiroler Haushaltes setzen sich damit zu 51 % aus dem Lieferentgelt (liberalisierter Teil) und zu 49 % aus dem Netzentgelt und Abgaben (regulierter Teil) zusammen.

<sup>73</sup> Vgl. § 10 Abs. 1 SNE-VO.

<sup>74</sup> Vgl. TINETZ Preisblatt Netz, gültig ab 01.02.2015.

<sup>75</sup> Vgl. TINETZ Preisblatt Netzdienstleistungen, gültig ab 01.01.2015.

<sup>76</sup> Eigene Darstellung.

### 3.4.4 Fazit

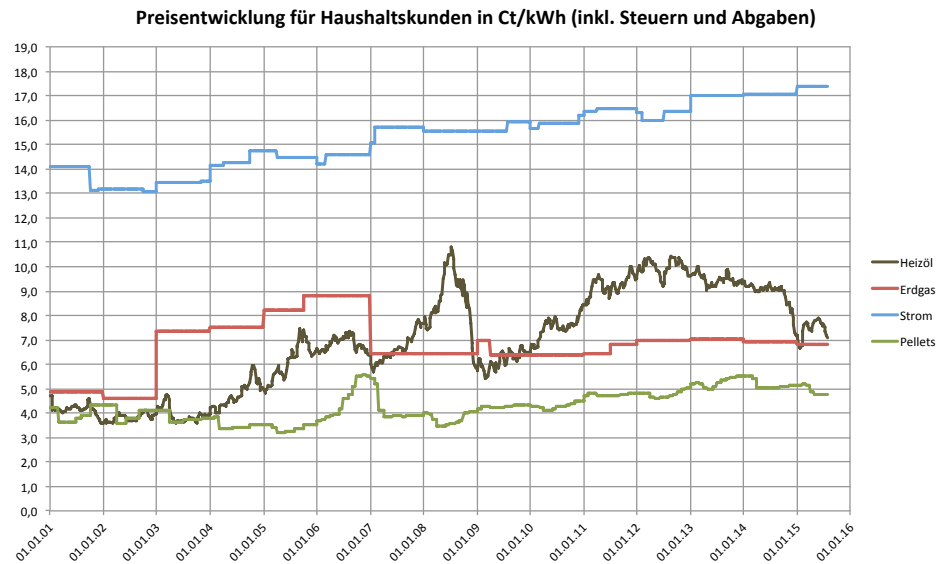
Elektrische Energie hat sich innerhalb kürzester Zeit zur wichtigsten Energieform entwickelt ohne die in unserer modernen Gesellschaft nichts mehr funktionieren würde. Bei der Erzeugung elektrischer Energie erfolgt eigentlich eine Umwandlung aus Primärenergieträgern. Damit ist die Verfügbarkeit elektrischer Energie eng an jene für die jeweils eingesetzten Primärenergieträger gekoppelt. Zur Verringerung der Abhängigkeiten von fossilen Energieträgern und dem Klimaschutz ist der globale Trend zum Einsatz von erneuerbaren Energieträgern verständlich und letztendlich unumgänglich. Diese Umstellung kostet Geld und schlägt sich zur Zeit nicht im Preis für das Commodity nieder, da die Förderungen für den Ausbau der Stromerzeugung aus regenerativen Energieträgern durch gesetzlich geregelte Zuschläge auf den Strompreis finanziert werden.

## 3.5 Preisentwicklung Energieträger

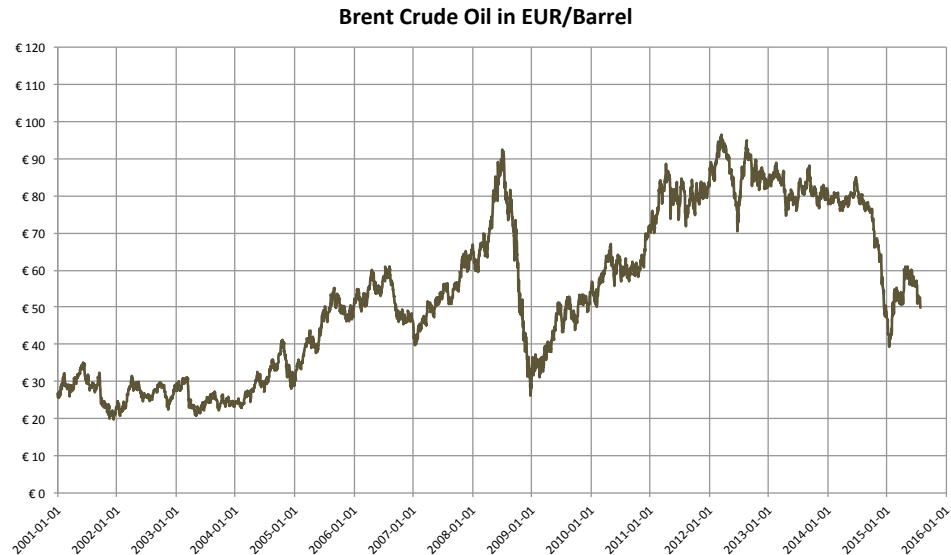
Für im Jahr 1995 errichtete Anlagen zur Heizwärmeerzeugung sollten nun am Ende der durchschnittlich 20-jährigen Lebensdauer die tatsächlich eingetretenen Preisentwicklungen für die einzelnen Energieträger vorliegen und könnten diese im Zuge der anstehende Wirtschaftlichkeitsuntersuchung in einem ersten Ansatz für die nächsten 20 Jahre fortgeschrieben werden. Leider reicht der Blick in die Vergangenheit mangels belastbarer Daten<sup>77</sup> nur knapp 15 Jahre zurück. Somit werden in weiterer Folge die Preisentwicklungen erst ab dem Jahr 2001 analysiert.

---

<sup>77</sup> Im Zuge der Liberalisierung des österreichischen Strom- und Gasmarktes ab 2001 anderes Preisgefüge; Entwicklung eines nennenswerten Pelletmarktes erst ab der Jahrtausendwende.

Abb. 13: Preisentwicklung absolut<sup>78</sup>

Am Beispiel Heizöl ist der beschriebene Zusammenhang mit der Rohölpreisentwicklung für die Sorte Brent eindeutig erkennbar.

Abb. 14: Preisentwicklung Brent Crude Oil<sup>79</sup>

<sup>78</sup> Eigene Darstellung der Preise für einen Tiroler Haushalt; die Pelletspreise (3.000 kg) wurden von ProPellets Austria zur Verfügung gestellt, die Heizölpreise (2.000 l) stammen von IWO-Österreich (Institut für Wärme und Öltechnik), die Preise für Strom (5.000 kWh) von der TIWAG-Tiroler Wasserkraftwerke AG und jene für Erdgas (15.000 kWh) von der TIGAS.

<sup>79</sup> Quandl: ICE-Brent-Crude-Futures-Continuous-Contract-Front-Month in EUR.

Die nächste Darstellung zeigt die relative Preisentwicklung im Vergleich zum VPI 2000.<sup>80</sup>

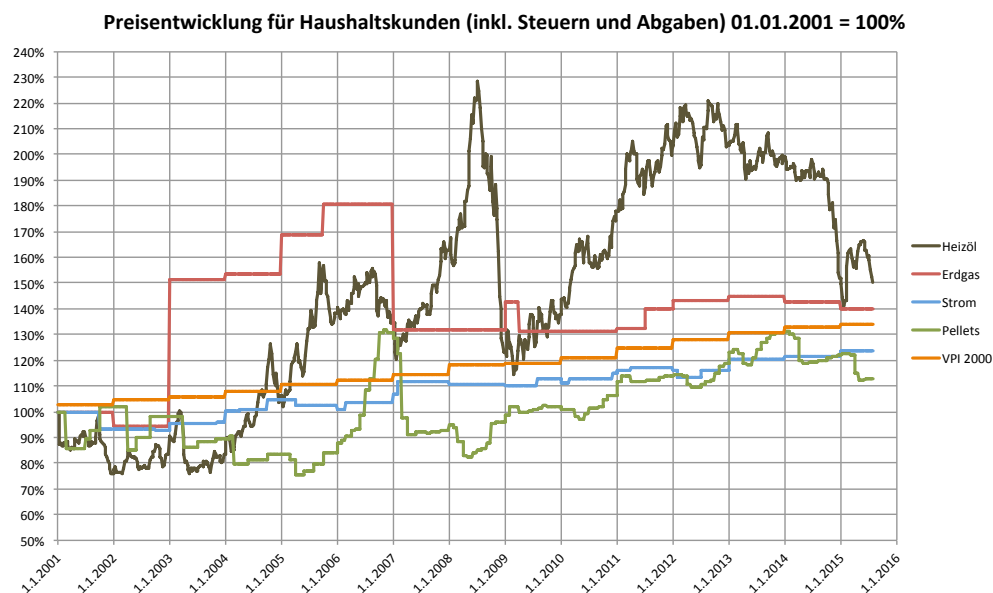


Abb. 15: Preisentwicklung relativ<sup>81</sup>

Die durchschnittlichen jährlichen Steigerungsraten im Zeitraum 01.01.2001 bis 31.12.2014 betragen beim Heizölpreis 3,04 %, beim Erdgaspreis 2,54 %, beim Strompreis 1,51 % und beim Pelletspreis 1,45 %. Die Verbraucherpreise stiegen im selben Zeitraum jährlich durchschnittlich um 1,93 %.

Ein anderes Bild ergibt sich bei Betrachtung des Zeitraumes 01.01.2001 bis 31.12.2013 also vor dem aktuellen Verfall der Preise für fossile Energieträger. Hier betragen die durchschnittlichen jährlichen Steigerungsraten beim Heizölpreis 5,44 %, beim Erdgaspreis 2,76 %, beim Strompreis 1,49 %, beim Pelletspreis 2,11 % und bei den Verbraucherpreisen 2,00 %.

Allein diese Betrachtung zeigt, wie schwierig es ist, letztendlich Unvorhersehbares vorherzusagen.<sup>82</sup>

<sup>80</sup> Siehe Statistik Austria: Verbraucherpreisindex 2000.

<sup>81</sup> Eigene Darstellung.

<sup>82</sup> Vgl. Sedláček (2012); S. 380.

Als Hilfsmittel insbesondere zur Abschätzung von Chancen und Risiken hat sich die Szenariotechnik etabliert. Damit erfolgt keine Fixierung auf nur ein Bild in der Zukunft, sondern wird ausgehend vom wahrscheinlichsten Fall (most likely case scenario), der im Wesentlichen auf einer Trendfortschreibung beruht, der günstigste Fall (best case scenario) als auch der schlechteste Fall (worst case scenario) dargestellt.<sup>83</sup>

Im konkreten Anwendungsfall wird von einer fundierten wissenschaftliche Beschreibung der Rahmenbedingungen für die drei Szenarien abgesehen, da im Zuge der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung lediglich überprüft wird, ob ausgehend vom „most likely case“ die Entscheidung für die Heizwärmeerzeugungsanlage mit den niedrigsten Gesamtkosten auch bei den beiden anderen Szenarien stabil bleibt.

Ausgehend von der Trendfortschreibung aus dem Zeitraum 2001 bis einschließlich 2013 (wahrscheinlichster Fall) werden Annahmen für die durchschnittlichen jährlichen Preissteigerungsraten getroffen:

	best case	most likely case	worst case
Heizöl	3,6 %	5,7 %	7,2 %
Erdgas	2,1 %	2,9 %	4,3 %
Elektr. Energie	1,5 %	2,2 %	3,4 %
Pellets	2,0 %	2,8 %	3,6 %

Tabelle 7: Annahmen für Energiepreissteigerungen

Auf Basis der aktuellen Energiepreise wird im worst case von einer Ver- vierfachung des Heizölpreises, einer Verdreifachung des Erdgas- und Strompreises und von einer Verdopplung der Pelletpreise ausgegangen. Dabei ist zu beachten, dass bei den leitungsgebundenen Energieträgern Erdgas und elektrische Energie, diese Preisentwicklungen nur zu etwa 50 % die Gesamtpreisentwicklung beeinflussen.

---

<sup>83</sup> Vgl. Nagl (2013); S. 57 und 58.

## 4 Umstellungsfall

### 4.1 Ausgangssituation

Untersucht werden die gängigsten Systeme für die Heizwärmeerzeugung in Verbindung mit einer im Zuge der thermischen Gebäudesanierung errichteten Warmwasser-Niedertemperatur-Fußbodenheizung (ein Heizkreis, Vorlauftemperatur etwa 35 °C). Die räumlichen Voraussetzungen für den Einbau unterschiedlicher Heizsysteme sind gegeben. Es existiert ein Heizraum mit Kaminanschluss sowie ein Nebenraum, der als Brennstofflager adaptiert werden könnte.

### 4.2 Gebäudekenndaten laut Energieausweis

Objekt:	Einfamilienhaus in 6065 Thaur
Brutto-Grundfläche:	264,8 m <sup>2</sup>
Heiztage:	238 d/a
Heizgradtage:	4104 K
Norm-Außentemperatur:	-12,5 °C
Soll-Innentemperatur:	20,0 °C

### Wärme- und Energiebedarf (ohne Warmwasserbereitung)

<i>HWB</i> :	12.683 kWh/a
<i>HTEB</i> :	1.156 kWh/a
<i>HEB</i> :	13.839 kWh/a
Heizlast:	7.397 W
Hilfsenergiebedarf:	909 kWh/a

*HWB* Heizwärmebedarf; rechnerisch ermittelte Wärmemenge (Nutzenergie) welche zur Aufrechterhaltung der gewünschten Raumtemperatur zugeführt werden muss.

*HTEB* Heiztechnikenergiebedarf; Energieverluste die bei der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Abgabe für die Bereitstellung von Raumwärme auftreten.

*HEB* Heizenergiebedarf ( $= HWB + HTEB$ ); Endenergiebedarf für die Raumheizung

Die Heizlast ist jene rechnerisch ermittelte Heizleistung, die bei der standortabhängigen Normaußentemperatur (in Thaur  $-12,5\text{ °C}$ ) benötigt wird, um die Raumtemperatur auf  $20\text{ °C}$  zu halten.

Der Hilfsenergiebedarf umfasst den Strombedarf für den Betrieb der Heizwärmeerzeugung sowie für die Heizungspumpe und -regelung.

### 4.3 Heiztechnik

Stand der Technik bei den Verbrennungssystemen (Öl, Gas und Pellets) ist die Brennwerttechnik mit raumluftunabhängigem Betrieb und insbesondere bei Gas und Pellets mit modulierender Leistung, d.h. die Brennerleistung passt sich automatisch an die benötigte Heizlast an. Damit kann wie im vorliegenden Fall ein Niedertemperaturheizsystem ohne Pufferspeicher direkt an den Heizkessel angeschlossen werden. Brennwertkessel nutzen den Energieinhalt (Brennwert) des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig aus. Im Gegensatz zu konventionellen Kesselanlagen mit Abgastemperaturen zwischen  $120$  und  $180\text{ °C}$  werden bei Brennwertkessel die heißen Abgase über einen eingebauten Wärmetauscher soweit abgekühlt, dass es zur Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfs kommt. Die bei dieser Zustandsänderung (Wasserdampf  $\rightarrow$  Wasser) frei werdende Energie wird wieder zur Wärmebeistellung genützt. Die Abgastemperatur beträgt nur mehr rund  $45\text{ °C}$ .

Der Normnutzungsgrad als Quotient zwischen der erzeugten Wärme und dem zugeführten Brennstoff beträgt laut Herstellerangaben im Fall Heizöl und Erdgas  $95\%$  und im Fall von Pellets rund  $90\%$ .

Für die Nutzung der Brennwerttechnik ist ein säurebeständiger und druckdichter Kamin erforderlich. Dazu wird ein geeignetes Rohr-in-Rohr-System aus Kunststoff eingebaut und dem Brenner raumluftunabhängig auch noch die notwendige Verbrennungsluft zugeführt. Durch die niedrige Abgastemperatur fehlt der natürliche Auftrieb und sind die Abgase mit einem eigenen Gebläse an die Umluft abzugeben. Zusätzlich muss das im Brennwertkessel entstehende Kondensat in den Hauswasserkanal eingeleitet werden.

Damit sind bei Brennwertkessel bauseitige Investitionen für die Ertüchtigung des vorhandenen Kamins, für die Herstellung der Kondensat-Ableitung und bei Erfordernis eines Brennstofflagers für die Adaptierung dieses Raumes an die gesetzlichen Vorschriften erforderlich.

Bei der Luft-Wasser-Wärmepumpe (= Luftwärmepumpe) saugt ein Ventilator die Umgebungsluft an und wird durch deren Wärme das Kältemittel in der Wärmepumpe zum Verdampfen gebracht. Die Verdichtung im Kompressor komprimiert das Kältemittel und bewirkt eine weitere Erhöhung des Temperaturniveaus. Über einen Wärmetauscher wird die Wärme anschließend an das Heizungswasser weitergegeben und das abgekühlte Kältemittel wieder zurück zum Verdampfer transportiert wo der Kreislauf von neuem beginnt. Stand der Technik ist eine stufenlose Modulation des Verdichters und damit automatische Anpassung der Heizleistung an die Gebäudeheizlast. Die Jahresarbeitszahl als Maßstab für die Effizienz einer Wärmepumpenanlage drückt aus, wie viel Heizungswärme im Verhältnis zum eingesetzten Strom (Ventilator, Kompressor) von der Wärmepumpe im Laufe eines ganzen Jahres im betreffenden Haus erzeugt wurde. Die Bandbreite liegt laut Feldstudien zwischen 2,6 und 3,5.<sup>84</sup> Für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurde mit einer JAZ von 2,7 eine Sicherheitsvariante gewählt.

---

<sup>84</sup> Vgl. Klima-Innovativ e.V., Ergebnisse von Feldstudien.



## 4.4 Ausführungen

Nachstehende Varianten beruhen auf Eigenrecherchen bei konzessionierten Heizungsinstallateuren. In den Tabellen sind durchschnittliche Jahreskosten für gesetzlich vorgeschriebene Überprüfungen<sup>85</sup> durch Rauchfangkehrer auf Basis des vom Land Tirol verordneten Kehrtarifs 2015<sup>86</sup> sowie für Wartungen (Mittelwert aus Herstellerangaben) erfasst.

### 4.4.1 Öl-Brennwertkessel

Zusätzlich zu den Anschaffungskosten für den Heizkessels samt Pumpengruppe und Mischer sowie für drei Kunststofftanks zu je 750 l (reicht etwa für den 1,5-fachen Jahresverbrauch) samt Zubehör fallen bauseits Kosten für die Adaptierung des Tankraums (Einbau einer selbstschließenden Brandschutztür), für die Kaminsanierung sowie für die Herstellung der Kondensatableitung in den Hauswasserkanal an.

Öl-Brennwertkessel	Tätigkeit	Häufigkeit je Jahr	Tarif exkl. USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR
Gemäß § 10 der Tiroler Feuerpolizeiordnung vom Rauchfangkehrer verpflichtend durchzuführen:	Rauchfang reinigen/überprüfen	1	31,74	38,09	99,23
	Kessel reinigen	0	26,79	0,00	
	Kessel überprüfen	1	15,00	18,00	
	Kessel Abgasmessung	0,5	40,00	24,00	
	Rauchfang Dichtheitsprüfung	0,2	53,16	12,76	
	Hauptüberprüfung	0,2	26,58	6,38	
Herstellerseits empfohlen	Kessel Wartung	1	245,42	294,50	351,50
	Tank Reinigung	0,1	475	57,00	

Tabelle 8: Öl-Brennwertkessel Überprüfungs-/Wartungskosten

### 4.4.2 Gas-Brennwertkessel

Neben den Anschaffungskosten für das Gerät (Heizungspumpe integriert) und den bauseitigen Kosten für die Kaminsanierung sowie für die Herstellung der Kondensatableitung in den Hauswasserkanal fallen einmalig Kosten für den Erdgasanschluss (Netzzutrittsgebühr, hausinterne Leitungsführung) an.

<sup>85</sup> Vgl. §§ 10 und 13 Tiroler Feuerpolizeiordnung 1998.

<sup>86</sup> Vgl. Bote für Tirol, Kehrtarif 2015.

Gas-Brennwertkessel	Tätigkeit	Häufigkeit je Jahr	Tarif exkl. USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR
Gemäß § 10 der Tiroler Feuerpolizeiordnung vom Rauchfangkehrer verpflichtend durchzuführen:	Rauchfang reinigen/überprüfen	1	31,74	38,09	78,23
	Kessel reinigen	0	26,79	0,00	
	Kessel überprüfen	0,5	15,00	9,00	
	Kessel Abgasmessung	0,25	40,00	12,00	
	Rauchfang Dichtheitsprüfung	0,2	53,16	12,76	
	Hauptüberprüfung	0,2	26,58	6,38	
Herstellerseits empfohlen	Kessel Wartung	1	171,50	205,80	205,80

Tabelle 9: Gas-Brennwertkessel Überprüfungs-/Wartungskosten

#### 4.4.3 Pellet-Brennwertkessel

Es fallen Anschaffungskosten für den Heizkessel samt Heizungspumpe, für den Pelletsilo, der mit bis zu 5 t den 1,5-fachen Jahresbedarf aufnehmen kann, für das Saugsystem und Zubehör sowie bauseitige Kosten für die Adaptierung des Lagerraums (Einbau einer selbstschließendes Brandschutztür), für die Kaminsanierung sowie für die Herstellung der Kondensatableitung in den Hauswasserkanal an.

Pellet-Brennwertkessel	Tätigkeit	Häufigkeit je Jahr	Tarif exkl. USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR
Gemäß § 10 der Tiroler Feuerpolizeiordnung vom Rauchfangkehrer verpflichtend durchzuführen:	Rauchfang reinigen/überprüfen	2	43,80	52,56	195,99
	Kessel reinigen	2	26,79	64,30	
	Kessel überprüfen	2	15,00	36,00	
	Kessel Abgasmessung	0,5	40,00	24,00	
	Rauchfang Dichtheitsprüfung	0,2	53,16	12,76	
	Hauptüberprüfung	0,2	26,58	6,38	
Herstellerseits empfohlen	Kessel Wartung	1	256,92	308,30	308,30

Tabelle 10: Pellet-Brennwertkessel Überprüfungs-/Wartungskosten

Zusätzlich ist seitens des Betreibers in der Heizperiode monatlich eine Kontrolle und Reinigung des Kessels sowie etwa zweimonatlich die Aschentleerung durchzuführen.

#### 4.4.4 Luftwärmepumpe

Neben den Anschaffungskosten für eine Split-Anlage, bestehend aus einer Außeneinheit (Verdampfer, Verdichter und Ventilator) und einer mittels Kältemittelleitungen verbundenen Inneneinheit (Verflüssiger, Hydraulikeinheit, Regelung) sind Kosten für die Erhöhung des Netznutzungsrechtes im Ausmaß der elektrischen Maximalleistung zu berücksichtigen.

Luftwärmepumpe	Tätigkeit	Häufigkeit je Jahr	Tarif exkl. USt. in EUR	jährl. Kosten inkl. 20 % USt. in EUR
Herstellerseits empfohlen	Wartung	0,5	179,50	107,70

Tabelle 11: Luftwärmepumpe Überprüfungs-/Wartungskosten

## 5 Methodik der VDI 2067

Die Richtlinie VDI 2067 ist ein jahrzehntelang bewährtes Regelwerk für Wirtschaftlichkeitsberechnungen gebäudetechnischer Anlagen mit dem Ziel, diese auf eine sichere und einheitliche Basis zu stellen. Sie ist in mehrere Abschnitte (Blätter) unterteilt. Neben dem Überblick über das Gesamtwerk werden im Blatt 1 die für eine richtlinienkonforme Wirtschaftlichkeitsuntersuchung erforderlichen Voraussetzungen für die Berechnung sowie Ermittlung der Kosten für Wärmeversorgungsanlagen festgelegt.<sup>87</sup> Damit ist vorgegeben, wie lange Anlagenteile nutzbar sind, welche Kosten in den Vergleich einzubeziehen sind und wie hoch die Nebenkosten im Durchschnitt und in Abhängigkeit von den Anschaffungskosten anzusetzen sind.

---

<sup>87</sup> Vgl. VDI 2067 Blatt 1 (2012), S. 2 und 3.

## 5.1 Voraussetzung für die Berechnung der Kosten<sup>88</sup>

- Für die in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung laut VDI 2067 angewandte Annuitätenmethode ist der Betrachtungszeitraum festzulegen. Dieser sollte überschaubar sein, da sich ansonsten die angenommenen Preissteigerungssätze stark auf das Ergebnis auswirken. VDI empfiehlt für Heizungen einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.
- Der Bezugszeitraum der Kosten wird mit 12 Monaten fixiert.
- Damit die Gesamtkosten verschiedener Systeme mit unterschiedlichen Energiearten miteinander vergleichbar sind, müssen die betrachteten Systeme die gleichen Anforderungen erfüllen.
- Einheitlicher Preis- und Kostenstand.
- Für die Berechnung zukünftiger Kosten sollen zur Vermeidung spekulativer Ergebnisse z.B. langjährige statistische Preisindizes des statistischen Bundesamtes verwendet werden, wobei unterschiedliche Änderungsraten für Investitions-, Instandhaltungs-, Personal- und Energiekosten zu verwenden sind.
- Bei der Berechnung der Lebenszykluskosten sind Reinvestitionen für vorzeitig zu erneuernde Subsysteme sowie Abbruch, Rückbau und Entsorgung zu berücksichtigen.
- Sämtliche Kostenberechnungen erfolgen in der Regel ohne Umsatzsteuer.

## 5.2 Ermittlung der Kosten

Für den Vollkostenvergleich unterscheidet der VDI folgende vier Kostengruppen:

- Kapitalgebundene Kosten (einschließlich Erneuerung)<sup>89</sup>  
Umfassen Abschreibungen und Zinsen für die technischen und bauli-

---

<sup>88</sup> Ebenda, S. 10 bis 12.

<sup>89</sup> Ebenda, S. 13 und 14.

chen Anlagen. Die Investitionskosten für betriebstechnische Anlagenteile werden auf Basis von Angeboten ermittelt, jene für bautechnische Anlagen (Heizraum, Tankraum) nach DIN 276, Kostengruppe 300. Anschließend werden die betriebs- und bautechnischen Anlagenteile laut den Tabellen A2, A3 und A4<sup>90</sup> zusammengestellt, um die darin festgelegten Werte für die rechnerische Nutzungsdauer und Instandsetzungskosten anwenden zu können. Die Anschlusskosten für Strom und Gas werden beim jeweiligen Versorger eingeholt.

- Bedarfsgebundene Kosten<sup>91</sup>

Umfassen alle Kosten, die in direktem Zusammenhang mit der Wärmeerzeugung stehen (z.B. Energiekosten).

- Nicht leitungsgebundene Energieträger (Heizöl, Pellets)

Umfassen die Brennstoffpreise für den jeweils betrachteten Standort sowie die Kosten für die Einbringung in das Brennstofflager.

- Leitungsgebundene Energieträger (Strom, Gas)

Umfassen sämtliche Preiskomponenten für die Energieversorgung wie z.B. Grundpreis, Arbeitspreis, Messpreis.

- Betriebsgebundene Kosten<sup>92</sup>

Umfassen alle Kosten, die in direktem Zusammenhang mit dem Betrieb der Wärmeerzeugungsanlage stehen, wie die Kosten für Instandhaltung, d.h. Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Schwachstellenbeseitigung, sowie die Kosten für die Bedienung

- Sonstige Kosten<sup>93</sup>

Umfassen die Kosten für Versicherung, allgemeine Abgaben und noch nicht erfasste Steuern.

---

<sup>90</sup> Ebenda, S. 21 bis 28.

<sup>91</sup> Ebenda, S. 15.

<sup>92</sup> Ebenda, S. 16.

<sup>93</sup> Ebenda.

### 5.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich nach der Annuitätenmethode

Der VDI verwendet in seiner Richtlinienreihe 2067 die Annuitätenmethode, die einmalige Zahlungen und laufende Zahlungen mit Hilfe des Annuitätsfaktors während der Betrachtungsperiode zusammenfasst.

- Kapitalgebundene Kosten<sup>94</sup>

Die Annuität der kapitalgebundenen Kosten ergibt sich aus:

$$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots A_n - R_W) \cdot a$$

$$A_n = A_0 \cdot \frac{r^{n \cdot T_N}}{q^{n \cdot T_N}}$$

$$R_W = A_0 \cdot r^{n \cdot T_N} \cdot \frac{(n+1) \cdot T_N - T}{T_N} \cdot \frac{1}{q^T}$$

$$a = \frac{q - 1}{1 - q^{-T}}$$

$A_{N,K}$	Annuität kapitalgebundener Kosten
$A_0$	Investitionsbetrag
$A_1 \dots A_n$	Barwert der ersten, zweiten, ..., n-ten Ersatzbeschaffung
$R_W$	Restwert
$a$	Annuitätsfaktor
$r$	Preisänderungsfaktor
$q$	Zinsfaktor
$T_N$	Nutzungsdauer der Anlagenkomponente in Jahren
$T$	Betrachtungszeitraum in Jahren

---

<sup>94</sup> Ebenda, S. 16 und 17.

Die laufenden Kosten sind aufgrund von Preisänderungen jeweils mit dem preisdynamischen Barwertfaktor und dem Annuitätsfaktor zu multiplizieren. Der preisdynamische Barwertfaktor ergibt sich aus:

$$b = \frac{1 - \left(\frac{r}{q}\right)^T}{q - r}$$

- Bedarfsgebundene Kosten<sup>95</sup>

Die Annuität der bedarfsgebundenen Kosten ergibt sich aus:

$$A_{N,V} = A_{V1} \cdot a \cdot b_V$$

$$A_{V1} = (Q_{Wärme} \cdot Preis_{Wärme} + Q_{Strom} \cdot Preis_{Strom})$$

$A_{N,V}$	Annuität bedarfsgebundene Kosten
$A_{V1}$	bedarfsgebundene Kosten im 1. Jahr
$a$	Annuitätsfaktor
$b_V$	preisdynamischer Barwertfaktor für bedarfsgeb. Kosten
$Q_{Wärme}$	Energieaufwand für Wärmeerzeugung in kWh/a
$Q_{Strom}$	Stromaufwand in kWh/a
$Preis$	in EUR/kWh

- Betriebsgebundene Kosten<sup>96</sup>

Die Annuität der betriebsgebundenen Kosten ergibt sich aus:

$$A_{N,B} = A_{B1} \cdot a \cdot b_B + A_{IN1} \cdot a \cdot b_{IN}$$

$$A_{IN1} = A_0 \cdot (f_{Inst} + f_{W+Insp})$$

---

<sup>95</sup> Ebenda, S. 18.

<sup>96</sup> Ebenda, S. 19.

$A_{N,B}$	Annuität betriebsgebundener Kosten
$A_{B1}$	betriebsgebundene Kosten im 1. Jahr für Bedienung
$a$	Annuitätsfaktor
$b_B$	preisdynamischer Barwertfaktor für betriebsgeb. Kosten
$A_{IN1}$	betriebsgebundene Kosten im 1. Jahr für Instandhaltung
$b_{IN}$	preisdynamischer Barwertfaktor für Instandhaltung
$f_{Inst}$	Faktor für Aufwand bei der Instandsetzung
$f_{W+Insp}$	Faktor für Aufwand bei Wartung und Inspektion

- Sonstige Kosten<sup>97</sup>

Die Annuität der sonstigen Kosten ergibt sich aus:

$$A_{N,S} = A_{S1} \cdot a \cdot b_S$$

$A_{N,S}$	Annuität sonstiger Kosten
$A_{S1}$	sonstige Kosten im 1. Jahr
$a$	Annuitätsfaktor
$b_S$	preisdynamischer Barwertfaktor für sonstige Kosten

- Annuität der Jahresgesamtzahlungen<sup>98</sup>

Die Gesamtannuität aller Kosten einer Anlage ergibt sich aus:

$$A_N = A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,S}$$

Werden verschiedene Anlagen miteinander verglichen ist jene mit den geringsten Kosten zu bevorzugen.

---

<sup>97</sup> Ebenda, S. 19.

<sup>98</sup> Ebenda, S. 20.



## 6 Wirtschaftlichkeitsvergleich

### 6.1 Heizkostenermittlung laut VDI 2067

Der Heizkostenvergleich laut VDI 2067 wurde zunächst auf Basis des gegebenen Heizenergiebedarfes für die drei Energiepreis-Szenarien ermittelt und anschließend der Entscheidungsraum um zwei zusätzliche Varianten für den Heizenergiebedarf (+/- 50 %) erweitert.

Vorab noch einige Anmerkungen zu einzelnen Positionen:

- In allen Preisangaben ist die Umsatzsteuer enthalten (Privatkunde).
- Sämtliche Energiepreisangaben beruhen auf Preisbasis 31.07.2015.
- Bei den Investitionskosten für die Heizkessel wurden die üblicherweise im Komplettpaket enthaltenen Kosten für die Regelung und Umwälzpumpe aufgrund der Ersatzbeschaffung getrennt dargestellt.
- Die jeweils angeführte Nutzungsdauer, die Faktoren für die Instandhaltung (Summe aus Aufwand für Instandsetzung und Aufwand für Wartung und Inspektion) sowie die Bedienaufwände wurden laut VDI 2067, Tabelle A2 erhoben.
- Die Bewertung des Bedienaufwandes in h/Jahr erfolgte zu einem einheitlichen Stundensatz in Höhe von € 20,-.
- Der Baukostenanteil für den Lagerraum (Heizöltanks, Pelletsilo) beruht auf einer Nettofläche von jeweils 3m<sup>2</sup>, die mit € 1.000,-/m<sup>2</sup> nach DIN 276 bewertet wurde.
- Der Kalkulationszinssatz in Höhe von 5,0 % ist der arithmetische Mittelwert aus dem langfristigen Zinssatz für Eigenkapital (Annahme: 4,0 %) und dem langfristigen Zinssatz für Fremdkapital (Annahme: 6,0 %)<sup>99</sup> und berücksichtigt damit eine Mischfinanzierung.

In den Tabellen 12 bis 15 finden sich die Berechnungsgrundlagen und Ergebnisse für die betrachteten Ausführungen bei einem HEB von 100 % und dem most likely Energiepreis-Szenario.

---

<sup>99</sup> Entspricht dem Höchstzinssatz bei einem Bauspardarlehen mit 20 Jahren Laufzeit.

## Heizkostenermittlung laut VDI 2067:

## Öl-Brennwertkessel

Alle Preisangaben inklusive Steuern und Abgaben.

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a	Normnutzungsgrad:	95 %	Preis Heizöl extra leicht:	0,74 EUR/l
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a	Heizwert Heizöl extra leicht:	10,00 kWh/l	Abfüllpauschale:	34,80 EUR/h
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh	Bedarf Heizöl extra leicht:	1.457 l/a	Kosten Heizöl:	1.118,61 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- haltung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_K = f_{\text{Inst}} + f_{W-\text{Inst}}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{B1}$	$A_{IN} = f_K \times A_0$
Öl-Brennwertkessel	3.593,47	18	1	3,0%	10	2.132,60	0,00	1.719,41	4.006,66	200,00	107,80
Montage Kessel inkl. Rohrleitungen	960,00	18	1	0,0%	0	569,73	0,00	459,34	1.070,39	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	921,54	15	1	3,0%	0	596,59	0,00	311,63	1.206,50	0,00	27,65
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Pumpengruppe mit 3 Weg Mischer	418,88	10	1	3,0%	0	313,47	0,00	0,00	732,35	0,00	12,57
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kaminsanierung Material	1.000,00	50	0	3,0%	0	0,00	0,00	226,13	773,87	0,00	30,00
Kaminsanierung Arbeit	480,00	50	0	0,0%	0	0,00	0,00	108,54	371,46	0,00	0,00
Tankraum, Brandschutztür	4.500,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	1.017,60	3.482,40	0,00	90,00
Batteriebehälter aus Kunststoff 2.250 l	1.837,68	25	0	1,5%	0	0,00	0,00	138,52	1.699,16	0,00	27,57
Tankzubehör mit Leitungen	807,73	20	0	4,0%	0	0,00	0,00	0,00	807,73	0,00	32,31
Montage Tank und Tankleitungen	960,00	20	0	0,0%	0	0,00	0,00	0,00	960,00	0,00	0,00
	15.906,89					3.636,73	0,00	4.036,86	15.506,76	200,00	331,19

			Preisfaktor	Barwertfaktor		Annuität
Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre		1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times a$	1.244,30
Zins:	5%		1,057	20,303619	$A_{N,VW} = A_{VW} \times b_{VW} \times a$	1.822,46
Zinsfaktor q:	1,050		1,022	14,913780	$A_{N,VH} = A_{VH} \times b_{VH} \times a$	163,28
Annuitätsfaktor a:	0,08024		1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times a$	235,36
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h		1,020	14,665402	$A_{N,IN} = A_{IN} \times b_{IN} \times a$	389,74
Gesamtannuität					$A_N = A_{N,K} + (A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,IN})$	-3.855,14

Tabelle 12: Heizkosten Öl-Brennwertkessel lt. VDI 2067

## Heizkostenermittlung laut VDI 2067:

## Gas-Brennwertkessel

Alle Preisangaben inklusive Steuern und Abgaben.

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a	Normnutzungsgrad:	95 %	Preis Erdgas:	0,06847 EUR/kWh
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a			Anschlusskosten:	1.980,00 EUR
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh	Bedarf Erdgas:	14.567 kWh/a	Kosten Erdgas:	997,45 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- haltung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_K = f_{\text{Inst}} + f_{W-\text{Inst}}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{B1}$	$A_{IN} = f_K \times A_0$
Gas-Brennwertkessel	2.297,18	18	1	3,0%	10	1.363,30	0,00	1.099,16	2.561,32	200,00	68,92
Montage Kessel inkl. Rohrleitungen	960,00	18	1	0,0%	0	569,73	0,00	459,34	1.070,39	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	376,00	15	1	3,0%	0	243,42	0,00	127,15	492,27	0,00	11,28
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Umwälzpumpe	267,27	10	1	3,0%	0	200,01	0,00	0,00	467,28	0,00	8,02
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kaminsanierung Material	1.000,00	50	0	3,0%	0	0,00	0,00	226,13	773,87	0,00	30,00
Kaminsanierung Arbeit	480,00	50	0	0,0%	0	0,00	0,00	108,54	371,46	0,00	0,00
Gas-Anschluss	1.980,00								1.980,00	0,00	0,00
Gasleitung	400,00	40	0	1,0%	0	0,00	0,00	75,38	324,62	0,00	4,00
Montage Gasleitung	480,00	40	0	0,0%	0	0,00	0,00	90,45	389,55	0,00	0,00
	8.668,04					2.400,79	0,00	2.241,83	8.827,00	200,00	125,52

			Preisfaktor	Barwertfaktor	Annuität	
Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre		1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times a$	708,30
Zins:	5%		1,029	15,828192	$A_{N,VW} = A_{VW} \times b_{VW} \times a$	1.266,85
Zinsfaktor q:	1,050		1,022	14,913780	$A_{N,VH} = A_{VH} \times b_{VH} \times a$	163,28
Annuitätsfaktor a:	0,08024		1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times a$	235,36
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h		1,020	14,665402	$A_{N,IN} = A_{IN} \times b_{IN} \times a$	147,71
Gesamtannuität					$A_N = A_{N,K} + (A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,IN})$	-2.521,49

Tabelle 13: Heizkosten Gas-Brennwertkessel lt. VDI 2067

**Heizkostenermittlung laut VDI 2067:****Pellet-Brennwertkessel**

Alle Preisangaben inklusive Steuern und Abgaben.

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh

Normnutzungsgrad:	93 %
Heizwert Pellets:	4,80 kWh/kg
Bedarf Pellets:	3.100 kg/a

Preis Pellets:	0,23 EUR/kg
Abfüllpauschale:	39,00 EUR/h
Kosten Pellets:	745,83 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- haltung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_K = f_{Inst} + f_{W-Insp}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{BI}$	$A_{IN} = f_K \times A_0$
Pellets-Brennwertheizung	7.810,54	15	1	6,0%	15	5.056,43	0,00	2.641,23	10.225,74	300,00	468,63
Montage Kessel inkl. Rohrleitungen	960,00	15	1	0,0%	0	621,49	0,00	324,64	1.256,85	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	366,00	15	1	3,0%	0	236,94	0,00	123,77	479,18	0,00	10,98
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Umwälzpumpe und Mischer	580,60	10	1	3,0%	0	434,50	0,00	0,00	1.015,10	0,00	17,42
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kaminsanierung Material	1.000,00	50	0	3,0%	0	0,00	0,00	226,13	773,87	0,00	30,00
Kaminsanierung Arbeit	480,00	50	0	0,0%	0	0,00	0,00	108,54	371,46	0,00	0,00
Lagerraum, Brandschutztür	4.500,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	1.017,60	3.482,40	0,00	90,00
Pelletsilo 2,8 - 5,0 t	2.160,10	20	0	5,0%	10	0,00	0,00	0,00	2.160,10	200,00	108,01
Zubehör Pelletsilo	579,06	20	0	5,0%	0	0,00	0,00	0,00	579,06	0,00	28,95
Montage Pelletsilo	960,00	20	0	0,0%	0	0,00	0,00	0,00	960,00	0,00	0,00
	19.823,89					6.373,70	0,00	4.497,59	21.700,00	500,00	757,29

		Preisfaktor	Barwertfaktor		Annuität
Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre	1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times a$	1.741,26
Zins:	5%	1,028	15,693127	$A_{N,VW} = A_{VW} \times b_{VW} \times a$	939,19
Zinsfaktor q:	1,050	1,022	14,913780	$A_{N,VH} = A_{VH} \times b_{VH} \times a$	163,28
Annuitätsfaktor a:	0,08024	1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times a$	588,39
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h	1,020	14,665402	$A_{N,IN} = A_{IN} \times b_{IN} \times a$	891,17
				$A_N = A_{N,K} - (A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,S})$	-4.323,30

Tabelle 14: Heizkosten Pellet-Brennwertkessel lt. VDI 2067

**Heizkostenermittlung laut VDI 2067:****Luftwärmepumpe**

Alle Preisangaben inklusive Steuern und Abgaben.

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh

Jahresarbeitszahl:	2,7
Strombedarf Wärmepumpe:	5.126 kWh/a

Preis Strom (Wärmepumpe)	0,15 EUR/kWh
Kosten Strom für Wärme:	769,33 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- haltung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_K = f_{Inst} + f_{W-Insp}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{BI}$	$A_{IN} = f_K \times A_0$
Luft/Wasser-Wärmepumpe	6.917,46	18	1	2,5%	5	4.105,28	0,00	3.309,87	7.712,86	100,00	172,94
Montage Wärmepumpe	960,00	18	1	0,0%	0	569,73	0,00	459,34	1.070,39	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	366,00	15	1	3,0%	0	236,94	0,00	123,77	479,18	0,00	10,98
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Umwälzpumpe	267,27	10	1	3,0%	0	200,01	0,00	0,00	467,28	0,00	8,02
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kältemittelleitung	896,71	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	112,65	784,06	0,00	4,48
Montage Kältemittelleitung	720,00	30	0	0,0%	0	0,00	0,00	90,45	629,55	0,00	0,00
Erhöhung Netzbereitstellung um 9 kW	2.084,40								2.084,40	0,00	0,00
	12.639,43					5.136,29	0,00	4.151,77	13.623,96	100,00	199,72

		Preisfaktor	Barwertfaktor		Annuität
Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre	1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times a$	1.093,22
Zins:	5%	1,022	14,913780	$A_{N,VW} = A_{VW} \times b_{VW} \times a$	920,67
Zinsfaktor q:	1,050	1,022	14,913780	$A_{N,VH} = A_{VH} \times b_{VH} \times a$	163,28
Annuitätsfaktor a:	0,08024	1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times a$	117,68
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h	1,020	14,665402	$A_{N,IN} = A_{IN} \times b_{IN} \times a$	235,03
				$A_N = A_{N,K} - (A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,S})$	<b>-2.529,87</b>

Tabelle 15: Heizkosten Luftwärmepumpe lt. VDI 2067

Abbildung 16 zeigt die Ergebnisse des Heizkostenvergleiches laut VDI 2067 in graphischer Form. In den Abbildungen 17 bis 19 sind die Heizkostenvergleiche für die drei Energiepreis-Szenarien (in aufsteigender Reihenfolge je Variante) bei einem Heizenergiebedarf von 50 %, 100 % und 150 % dargestellt. Die dazugehörigen Berechnungsergebnisse sind in der Tabelle 16 zusammengefasst.

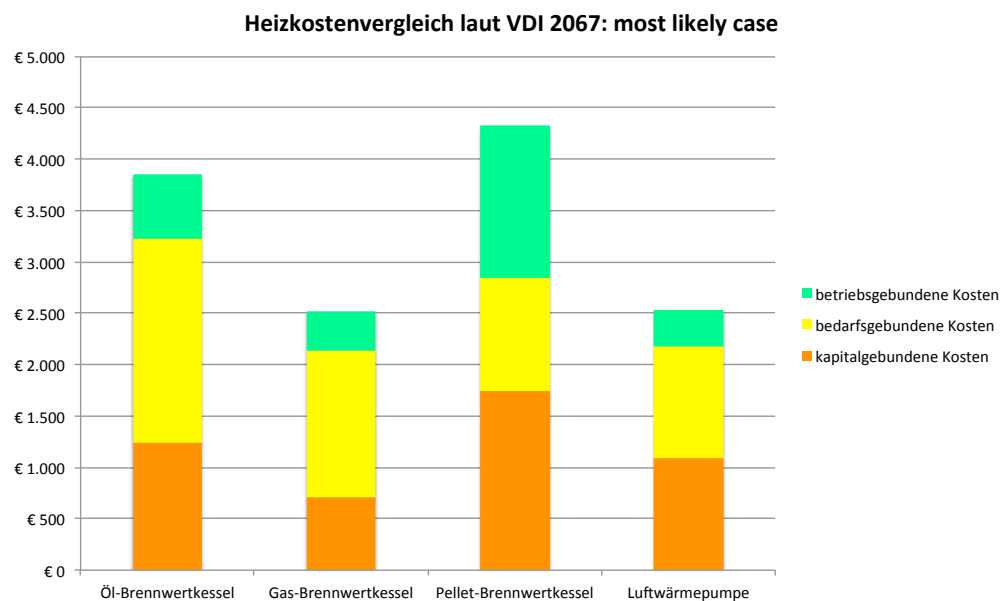


Abb. 16: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 „most likely case“

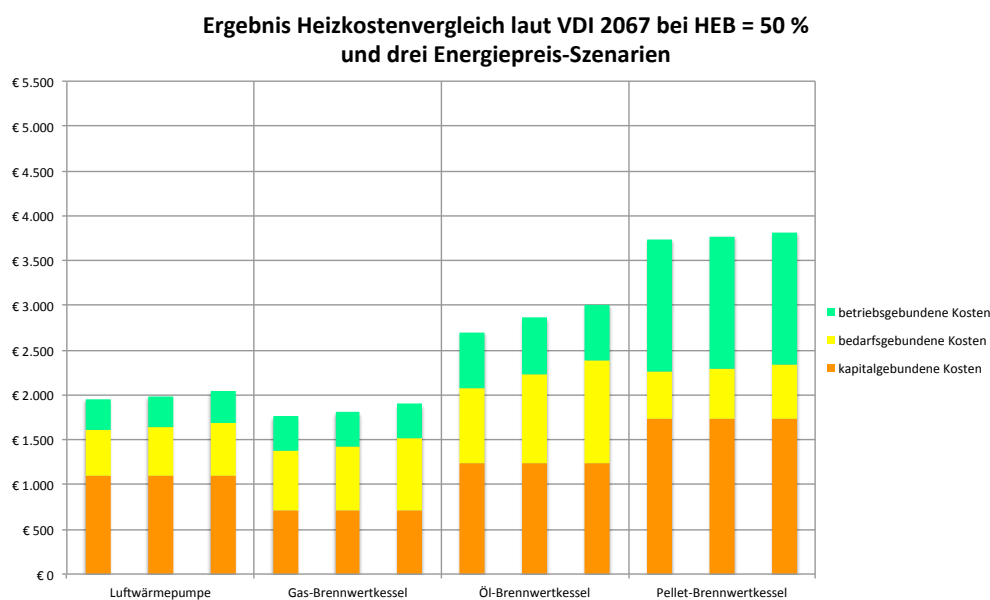


Abb. 17: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 HEB = 50 %

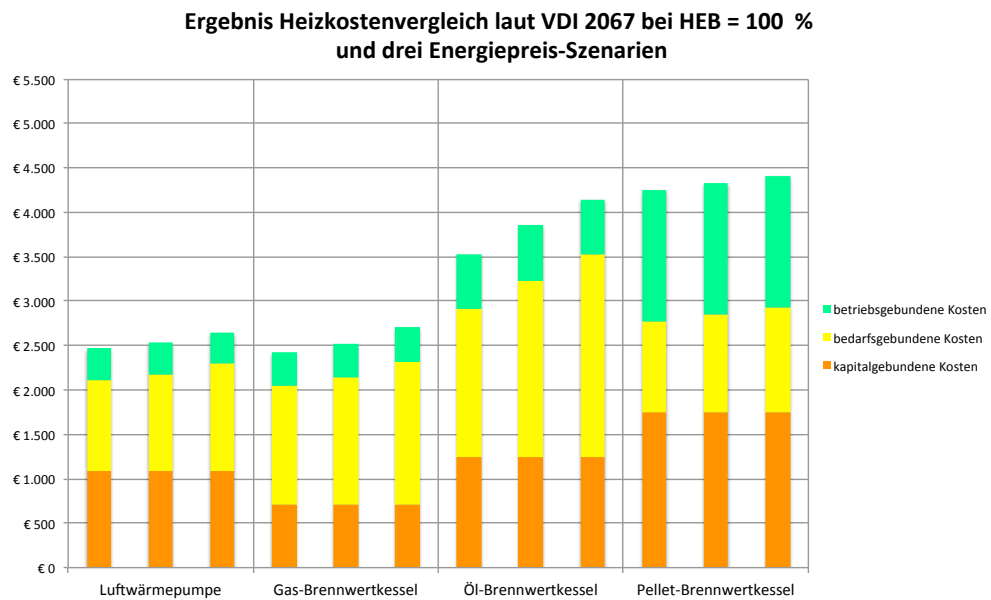


Abb. 18: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 HEB = 100%

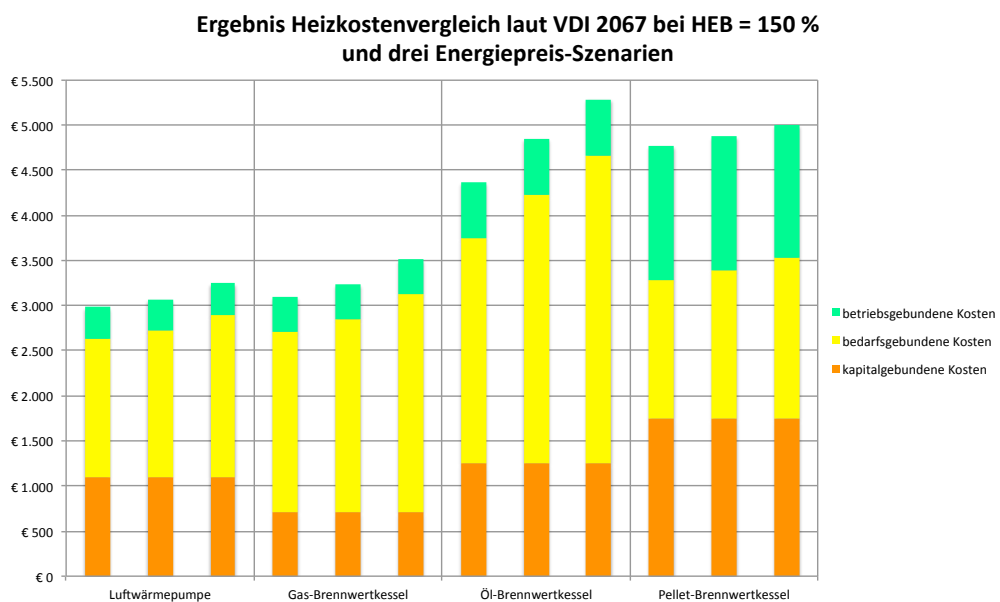


Abb. 19: Heizkostenvergleich laut VDI 2067 HEB = 150%

Der Heizkostenvergleich laut VDI 2067 weist für den betrachteten Umstellungsfall keinen eindeutigen Favoriten aus. Bei der Ausgangsvariante mit gegebenem Heizenergiebedarf (HEB = 100 %) und dem most likely Energiepreis-Szenario liegen die annuitätischen Heizkosten des Gas-Brennwertkessels und der Luftwärmepumpe praktisch gleichauf.

HEB	annuität. Kosten	Luftwärmepumpe			Gas-Brennwertkessel			Öl-Brennwertkessel			Pellet-Brennwertkessel		
		best	most lik.	worst	best	most lik.	worst	best	most lik.	worst	best	most lik.	worst
50%	kapitalgebunden	€ 1.093	€ 1.093	€ 1.093	€ 708	€ 708	€ 708	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.741	€ 1.741	€ 1.741
	bedarfsgebunden	€ 511	€ 542	€ 601	€ 669	€ 715	€ 806	€ 832	€ 993	€ 1.139	€ 516	€ 551	€ 594
	betriebsgebunden	€ 353	€ 353	€ 353	€ 383	€ 383	€ 383	€ 625	€ 625	€ 625	€ 1.480	€ 1.480	€ 1.480
	Summe	€ 1.957	€ 1.988	€ 2.047	€ 1.760	€ 1.806	€ 1.898	€ 2.701	€ 2.862	€ 3.008	€ 3.737	€ 3.772	€ 3.815
100%	kapitalgebunden	€ 1.093	€ 1.093	€ 1.093	€ 708	€ 708	€ 708	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.741	€ 1.741	€ 1.741
	bedarfsgebunden	€ 1.022	€ 1.084	€ 1.201	€ 1.338	€ 1.430	€ 1.613	€ 1.664	€ 1.986	€ 2.278	€ 1.032	€ 1.102	€ 1.187
	betriebsgebunden	€ 353	€ 353	€ 353	€ 383	€ 383	€ 383	€ 625	€ 625	€ 625	€ 1.480	€ 1.480	€ 1.480
	Summe	€ 2.468	€ 2.530	€ 2.647	€ 2.429	€ 2.521	€ 2.704	€ 3.533	€ 3.855	€ 4.147	€ 4.253	€ 4.323	€ 4.408
150%	kapitalgebunden	€ 1.093	€ 1.093	€ 1.093	€ 708	€ 708	€ 708	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.741	€ 1.741	€ 1.741
	bedarfsgebunden	€ 1.534	€ 1.626	€ 1.802	€ 2.007	€ 2.145	€ 2.419	€ 2.495	€ 2.979	€ 3.417	€ 1.548	€ 1.654	€ 1.781
	betriebsgebunden	€ 353	€ 353	€ 353	€ 383	€ 383	€ 383	€ 625	€ 625	€ 625	€ 1.480	€ 1.480	€ 1.480
	Summe	€ 2.980	€ 3.072	€ 3.248	€ 3.098	€ 3.237	€ 3.510	€ 4.365	€ 4.848	€ 5.286	€ 4.768	€ 4.875	€ 5.002

Tabelle 16: Ergebnisse Heizkostenvergleich laut VDI 2067

Bei einem Heizenergiebedarf in Höhe von 50 % des Ausgangswertes liegt der Gas-Brennwertkessel bei allen Energiepreisszenarien zwischen € 149,00 und € 197,00 vor der Luftwärmepumpe, bei einem Heizenergiebedarf in Höhe von 150 % des Ausgangswertes ist es umgekehrt. Hier ist die Luftwärmepumpe bei allen Energiepreisszenarien zwischen € 118,00 und € 262,00 jährlich vorteilhafter als der Gas-Brennwertkessel. Der Grund liegt darin, dass mit sinkendem Heizenergiebedarf der Einfluss der kapitalgebundenen Kosten auf die Gesamtkosten steigt, hingegen bei steigendem Heizenergiebedarf die bedarfsgebundenen Kosten an Bedeutung gewinnen.

Die landläufige Meinung – Energiekosten sind den Heizkosten gleichzusetzen – wird am Beispiel Pellet-Brennwertkessel deutlich widerlegt. Aufgrund der höchsten kapitalgebundenen als auch betriebsgebundenen Kosten liegt der Pellet-Brennwertkessel trotz vergleichsweise günstigen Brennstoffkosten deutlich an letzter Stelle. Sogar für den unrealistischen Fall, dass die Erstinvestitionskosten zur Gänze subventioniert werden, lägen die annuitätischen Heizkosten beim Gas-Brennwertkessel und der Luftwärmepumpe immer noch darunter.

Insgesamt zeigt sich, wie wichtig es ist sämtliche Kostenbestandteile im Zuge einer Heizkostenermittlung zu erfassen und eine strukturierte Methodik wie laut VDI I-2067/2067 anzuwenden.

Dennoch weist die VDI 2067 bei der Kostenerfassung eine Schwäche auf. Der wahrscheinlich auf langjährigen Erfahrungswerten beruhende Ausweis des jährlichen Aufwandes für Wartung und Inspektion als Prozentangabe<sup>100</sup> der Investitionssumme für den jeweiligen Wärmeerzeuger fällt beim betrachteten Umstellungsfall jedenfalls zu niedrig aus. Beispielsweise betragen diese Kosten im Fall Energieträger Heizöl für den Kessel, den Kamin und den Tank laut Tabelle 8 jährlich € 450,73.-, denen laut Berechnungsmethodik VDI 2067 ein Betrag in Höhe von insgesamt € 83,10.- gegenüber steht. Aus diesem Grund erfolgt eine neuerliche Ermittlung der Heizkosten auf Basis tatsächlich eruierten Kosten für Wartung und Inspektion. Diese Berechnung wird in weiterer Folge als Berechnung **nach** VDI 2067 bezeichnet.

## 6.2 Heizkostenermittlung nach VDI 2067

Die jeweiligen Instandhaltungskosten setzen sich wie bei Punkt 6.1 aus den Kosten für die Instandsetzung sowie den Kosten für Wartung und Inspektion zusammen. Die Ermittlung der jährlichen Instandsetzungskosten laut VDI 2067 als Prozentsatz der Investitionssumme blieb unverändert, bei den jährlichen Kosten für den Wartungs- und Inspektionsaufwand wurden hingegen die tatsächlichen Kosten gemäß den Tabellen 8 bis 11 angesetzt. Die entsprechend durchgeführten Anpassungen bei den Berechnungen wurden in den nachfolgenden Beispielen bei einem HEB von 100 % und dem most likely Energiepreis-Szenario (Tabelle 17 bis 20) in roter Schriftfarbe kenntlich gemacht.

---

<sup>100</sup> Vgl. VDI 2067, Tabelle A2: jährlicher Aufwand für Wartung und Inspektion 1,5% der Investitionssumme beim Ölkessel, 0,5 % der Investitionssumme für Kunststoff-Öltank und 2,0 % der Investitionssumme für den Kamin.

## Heizkostenermittlung nach VDI 2067:

## Öl-Brennwertkessel

Alle Preisangaben inklusive Steuern und Abgaben.

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a	Normnutzungsgrad:	95 %	Preis Heizöl extra leicht:	0,74 EUR/l
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a	Heizwert Heizöl extra leicht:	10,00 kWh/l	Abfüllpauschale:	34,80 EUR/h
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh	Bedarf Heizöl extra leicht:	1.457 l/a	Kosten Heizöl:	1.118,61 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- setzung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_{\text{inst}}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{B1}$	$A_{IN} = f_{\text{inst}} \times A_0 + f_{\text{inst}}$
Öl-Brennwertkessel	3.593,47	18	1	1,5%	10	2.132,60	0,00	1.719,41	4.006,66	200,00	390,40
Montage Kessel inkl. Rohrleitungen	960,00	18	1	0,0%	0	569,73	0,00	459,34	1.070,39	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	921,54	15	1	3,0%	0	596,59	0,00	311,63	1.206,50	0,00	27,65
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Pumpengruppe mit 3 Weg Mischer	418,88	10	1	3,0%	0	313,47	0,00	0,00	732,35	0,00	12,57
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kaminsanierung Material	1.000,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	226,13	773,87	0,00	77,23
Kaminsanierung Arbeit	480,00	50	0	0,0%	0	0,00	0,00	108,54	371,46	0,00	0,00
Tankraum, Brandschutztür	4.500,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	1.017,60	3.482,40	0,00	90,00
Batteriebehälter aus Kunststoff 2.250 l	1.837,68	25	0	0,5%	0	0,00	0,00	138,52	1.699,16	0,00	66,19
Tankzubehör mit Leitungen	807,73	20	0	4,0%	0	0,00	0,00	0,00	807,73	0,00	32,31
Montage Tank und Tankleitungen	960,00	20	0	0,0%	0	0,00	0,00	0,00	960,00	0,00	0,00
	15.906,89					3.636,73	0,00	4.036,86	15.506,76	200,00	699,64

Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre
Zins:	5%
Zinsfaktor q:	1,050
Annuitätsfaktor a:	0,08024
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h

	Preisfaktor	Barwertfaktor		Annuität
kapitalgebundene Kosten	1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times a$	1.244,30
bedarfsgebundene Kosten für Wärme	1,057	20,303619	$A_{N,VW} = A_{VW} \times b_{VW} \times a$	1.822,46
bedarfsgebundene Kosten für Hilfsenergie	1,022	14,913780	$A_{N,VH} = A_{VH} \times b_{VH} \times a$	163,28
betriebsgebundene Kosten Bedienen	1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times a$	235,36
betriebsgebundene Kosten Instandhaltung	1,020	14,665402	$A_{N,IN} = A_{IN} \times b_{IN} \times a$	823,33
Gesamtannuität			$A_N = A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,IN}$	-4.288,73

Tabelle 17: Heizkosten Öl-Brennwertkessel nach VDI 2067

## Heizkostenermittlung nach VDI 2067:

## Gas-Brennwertkessel

Alle Preisangaben inklusive Steuern und Abgaben.

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a	Normnutzungsgrad:	95 %	Preis Erdgas:	0,06847 EUR/kWh
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a			Anschlusskosten:	1.980,00 EUR
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh	Bedarf Erdgas:	14.567 kWh/a	Kosten Erdgas:	997,45 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- setzung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_{\text{inst}}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{B1}$	$A_{IN} = f_{\text{inst}} \times A_0 + f_{\text{inst}}$
Gas-Brennwertkessel	2.297,18	18	1	1,5%	10	1.363,30	0,00	1.099,16	2.561,32	200,00	261,26
Montage Kessel inkl. Rohrleitungen	960,00	18	1	0,0%	0	569,73	0,00	459,34	1.070,39	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	376,00	15	1	3,0%	0	243,42	0,00	127,15	492,27	0,00	11,28
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Umwälzpumpe	267,27	10	1	3,0%	0	200,01	0,00	0,00	467,28	0,00	8,02
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kaminsanierung Material	1.000,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	226,13	773,87	0,00	77,23
Kaminsanierung Arbeit	480,00	50	0	0,0%	0	0,00	0,00	108,54	371,46	0,00	0,00
Gas-Anschluss	1.980,00								1.980,00	0,00	0,00
Gasleitung	400,00	40	0	1,0%	0	0,00	0,00	75,38	324,62	0,00	4,00
Montage Gasleitung	480,00	40	0	0,0%	0	0,00	0,00	90,45	389,55	0,00	0,00
	8.668,04					2.400,79	0,00	2.241,83	8.827,00	200,00	365,08

	Preisfaktor	Barwertfaktor		Annuität
kapitalgebundene Kosten	1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times a$	708,30
bedarfsgebundene Kosten für Wärme	1,029	15,828192	$A_{N,VW} = A_{VW} \times b_{VW} \times a$	1.266,85
bedarfsgebundene Kosten für Hilfsenergie	1,022	14,913780	$A_{N,VH} = A_{VH} \times b_{VH} \times a$	163,28
betriebsgebundene Kosten Bedienen	1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times a$	235,36
betriebsgebundene Kosten Instandhaltung	1,020	14,665402	$A_{N,IN} = A_{IN} \times b_{IN} \times a$	429,63
Gesamtannuität			$A_N = A_{N,K} + A_{N,V} + A_{N,B} + A_{N,IN}$	-2.803,42

Tabelle 18: Heizkosten Gas-Brennwertkessel nach VDI 2067



## Pellet-Brennwertkessel

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh

Normnutzungsgrad:	93 %
Heizwert Pellets:	4,80 kWh/kg
Bedarf Pellets:	3.100 kg/a

Preis Pellets:	0,23 EUR/kg
Abfüllpauschale:	39,00 EUR/h
Kosten Pellets:	745,83 EUR/a

	Investitions- kosten	Nutzungs- dauer	Ersatz- häufigkeit	Faktor für Instand- setzung	Aufwand für Bedienen	Barwert Ersatzinvestitionen		Barwert Restwert	Summe Barwerte	Bedien- kosten	Instand- haltungs- kosten
	EUR				h/a	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_{inst}$		$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 + A_1 + A_2 - R_W$	$A_{BI}$	$A_{IN} = f_{inst} \times A_0 + f_{sonst}$
Pellets-Brennwertheizung	7.810,54	15	1	3,0%	15	5.056,43	0,00	2.641,23	10.225,74	300,00	666,91
Montage Kessel inkl. Rohrleitungen	960,00	15	1	0,0%	0	621,49	0,00	324,64	1.256,85	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	366,00	15	1	3,0%	0	236,94	0,00	123,77	479,18	0,00	10,98
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Umwälzpumpe und Mischer	580,60	10	1	3,0%	0	434,50	0,00	0,00	1.015,10	0,00	17,42
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kaminsanierung Material	1.000,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	226,13	773,87	0,00	91,70
Kaminsanierung Arbeit	480,00	50	0	0,0%	0	0,00	0,00	108,54	371,46	0,00	0,00
Lagerraum, Brandschutztür	4.500,00	50	0	2,0%	0	0,00	0,00	1.017,60	3.482,40	0,00	90,00
Pelletsilo 2,8 - 5,0 t	2.160,10	20	0	5,0%	10	0,00	0,00	0,00	2.160,10	200,00	108,01
Zubehör Pelletsilo	579,06	20	0	5,0%	0	0,00	0,00	0,00	579,06	0,00	28,95
Montage Pelletsilo	960,00	20	0	0,0%	0	0,00	0,00	0,00	960,00	0,00	0,00
	19.823,89					6.373,70	0,00	4.497,59	21.700,00	500,00	1.017,27

		Preisfaktor	Barwertfaktor	Annuität		
Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre	kapitalgebundene Kosten	1,020	14,665402	$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times \alpha$	1.741,26
Zins:	5%	bedarfsgebundene Kosten für Wärme	1,028	15,693127	$A_{N,W} = A_{W,W} \times b_{W,W} \times \alpha$	939,19
Zinsfaktor q:	1,050	bedarfsgebundene Kosten für Hilfsenergie	1,022	14,913780	$A_{N,H} = A_{H,W} \times b_{H,W} \times \alpha$	163,28
Annuitätsfaktor a:	0,08024	betriebsgebundene Kosten Bedienen	1,020	14,665402	$A_{N,B} = A_B \times b_B \times \alpha$	588,39
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h	betriebsgebundene Kosten Instandhaltung	1,020	14,665402	$A_{N,I} = A_I \times b_I \times \alpha$	1.197,11
		Gesamtannuität			$A_N = A_{N,K} + (A_{N,W} + A_{N,H} + A_{N,B} + A_{N,I})$	-4.629,24

Tabelle 19: Heizkosten Pellet-Brennwertkessel nach VDI 2067

### Luftwärmepumpe

Heizenergiebedarf HEB:	13.839 kWh/a
Strombedarf (Hilfsenergie):	909 kWh/a
Preis Strom (Hilfsenergie):	0,15 EUR/kWh

Jahresarbeitszahl:	2,7
Strombedarf Wärmepumpe:	5.126 kWh/a

Preis Strom (Wärmepump)	0,15 EUR/kWh
Kosten Strom für Wärme:	769,33 EUR/a

	Investitions-	Nutzungs-	Ersatz-	Faktor für	Aufwand	Barwert		Barwert	Summe	Bedien-	Instand-
	kosten	dauer	häufigkeit	Instand-	für	Ersatzinvestitionen		Restwert	Barwerte	kosten	haltungs-
	EUR			setzung	Bedienen	EUR	EUR	EUR	EUR	EUR/a	EUR/a
	$A_0$	$T_N$	$n$	$f_{inst}$	h/a	$A_1$	$A_2$	$R_W$	$A_0 \cdot A_1 + A_2 \cdot R_W$	$A_{BI}$	$A_{IN} = f_{inst} \times A_0 + f_{inst}$
Luft/Wasser-Wärmepumpe	6.917,46	18	1	1,5%	5	4.105,28	0,00	3.309,87	7.712,86	100,00	211,46
Montage Wärmepumpe	960,00	18	1	0,0%	0	569,73	0,00	459,34	1.070,39	0,00	0,00
Regler (witterungsgeführt)	366,00	15	1	3,0%	0	236,94	0,00	123,77	479,18	0,00	10,98
Ausdehnungsgefäß	37,59	15	1	2,0%	0	24,34	0,00	12,71	49,21	0,00	0,75
Umwälzpumpe	267,27	10	1	3,0%	0	200,01	0,00	0,00	467,28	0,00	8,02
Rohrleitungen	270,00	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	33,92	236,08	0,00	1,35
Dämmung Rohrleitungen	120,00	25	0	1,0%	0	0,00	0,00	9,05	110,95	0,00	1,20
Kältemittelleitung	896,71	30	0	0,5%	0	0,00	0,00	112,65	784,06	0,00	4,48
Montage Kältemittelleitung	720,00	30	0	0,0%	0	0,00	0,00	90,45	629,55	0,00	0,00
Erhöhung Netzbereitstellung um 9 kW	2.084,40								2.084,40	0,00	0,00
	12.639,43					5.136,29	0,00	4.151,77	13.623,96	100,00	238,25

		Preisfaktor	Barwertfaktor	Annuität
Betrachtungszeitraum T:	20 Jahre	1,020	14,665402	$A_{KK} = (A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n - R_W) \times \alpha$ 1.093,22
Zins:	5%	1,022	14,913780	$A_{N,VW} = A_{VW} \times D_{VW} \times \alpha$ 920,67
Zinsfaktor q:	1,050	1,022	14,913780	$A_{N,VW} = A_{VW} \times D_{VW} \times \alpha$ 163,28
Annuitätsfaktor a:	0,08024	1,020	14,665402	$A_{NB} = A_B \times d_B \times \alpha$ 117,68
Aufwand Bedienung:	20,00 EUR/h	1,020	14,665402	$A_{NB} = A_B \times d_B \times \alpha$ 280,36
<b>Gesamtannuität</b>				$A = A_{KK} + (A_{N,K} + A_{N,VW} + A_{NB} + A_{NS})$ <b>-2.575,21</b>

Tabelle 20: Heizkosten Luftwärmepumpe nach VDI 2067

Die korrigierten Heizkostenvergleiche für die drei Energiepreis-Szenarien (in aufsteigender Reihenfolge je Variante) und einem Heizenergiebedarf von 50 %, 100 % und 150 % sind in den Abbildungen 20 bis 21 dargestellt. Die dazugehörigen Berechnungsergebnisse finden sich in der in der Tabelle 21.

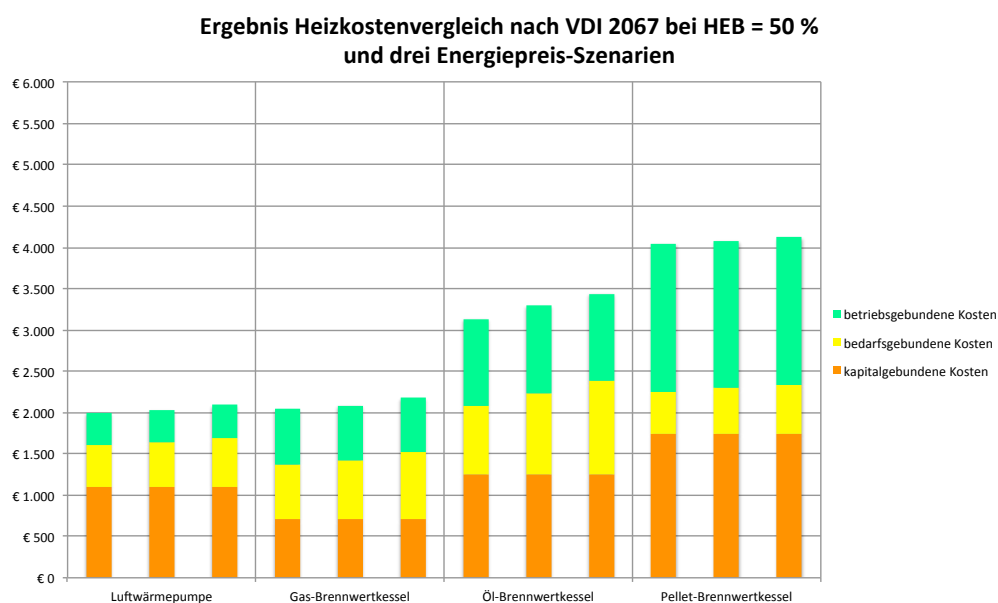


Abb. 20: Heizkostenvergleich nach VDI 2067 HEB = 50%

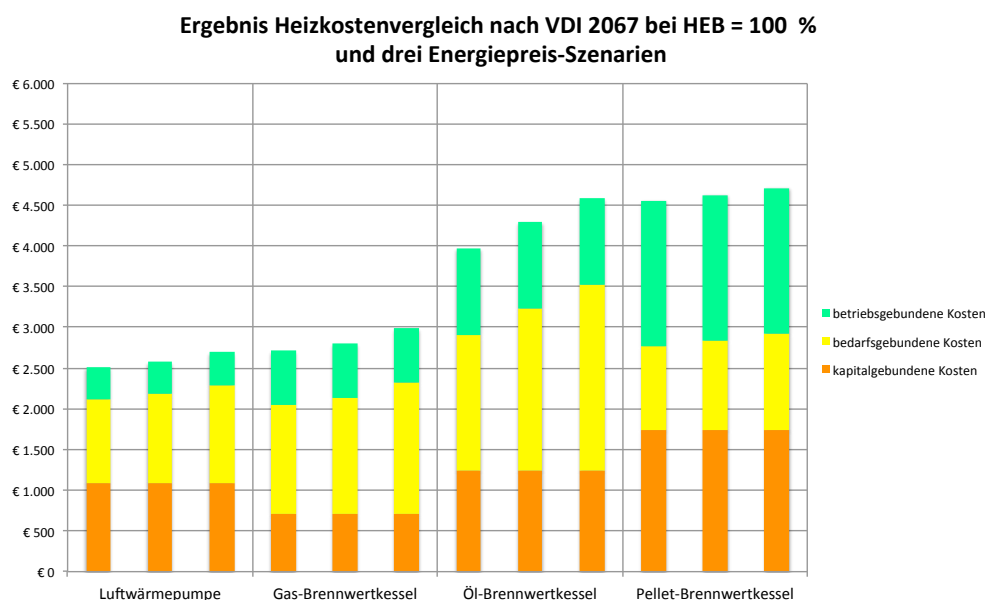


Abb. 21: Heizkostenvergleich nach VDI 2067 HEB = 100%

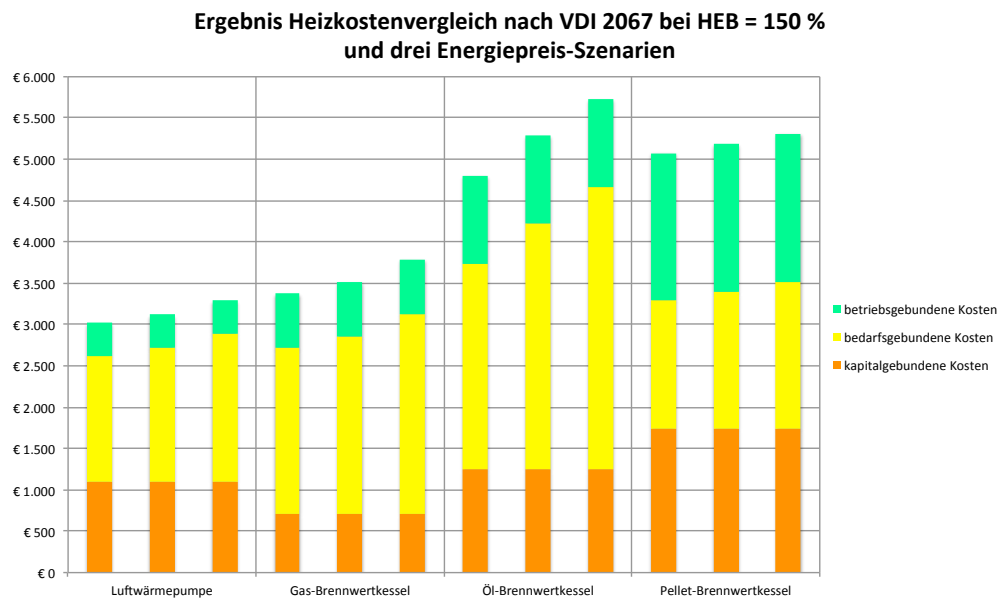


Abb. 22: Heizkostenvergleich nach VDI 2067 HEB = 150%

HEB	annuität. Kosten	Luftwärmepumpe			Gas-Brennwertkessel			Öl-Brennwertkessel			Pellet-Brennwertkessel		
		best	most lik.	worst	best	most lik.	worst	best	most lik.	worst	best	most lik.	worst
50%	kapitalgebunden	€ 1.093	€ 1.093	€ 1.093	€ 708	€ 708	€ 708	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.741	€ 1.741	€ 1.741
	bedarfsgebunden	€ 511	€ 542	€ 601	€ 669	€ 715	€ 806	€ 832	€ 993	€ 1.139	€ 516	€ 551	€ 594
	betriebsgebunden	€ 398	€ 398	€ 398	€ 665	€ 665	€ 665	€ 1.059	€ 1.059	€ 1.059	€ 1.786	€ 1.786	€ 1.786
	Summe	€ 2.003	€ 2.033	€ 2.092	€ 2.042	€ 2.088	€ 2.180	€ 3.135	€ 3.296	€ 3.442	€ 4.043	€ 4.078	€ 4.120
100%	kapitalgebunden	€ 1.093	€ 1.093	€ 1.093	€ 708	€ 708	€ 708	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.741	€ 1.741	€ 1.741
	bedarfsgebunden	€ 1.022	€ 1.084	€ 1.201	€ 1.338	€ 1.430	€ 1.613	€ 1.664	€ 1.986	€ 2.278	€ 1.032	€ 1.102	€ 1.187
	betriebsgebunden	€ 398	€ 398	€ 398	€ 665	€ 665	€ 665	€ 1.059	€ 1.059	€ 1.059	€ 1.786	€ 1.786	€ 1.786
	Summe	€ 2.514	€ 2.575	€ 2.692	€ 2.711	€ 2.803	€ 2.986	€ 3.967	€ 4.289	€ 4.581	€ 4.558	€ 4.629	€ 4.714
150%	kapitalgebunden	€ 1.093	€ 1.093	€ 1.093	€ 708	€ 708	€ 708	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.244	€ 1.741	€ 1.741	€ 1.741
	bedarfsgebunden	€ 1.534	€ 1.626	€ 1.802	€ 2.007	€ 2.145	€ 2.419	€ 2.495	€ 2.979	€ 3.417	€ 1.548	€ 1.654	€ 1.781
	betriebsgebunden	€ 398	€ 398	€ 398	€ 665	€ 665	€ 665	€ 1.059	€ 1.059	€ 1.059	€ 1.786	€ 1.786	€ 1.786
	Summe	€ 3.025	€ 3.117	€ 3.293	€ 3.380	€ 3.518	€ 3.792	€ 4.798	€ 5.282	€ 5.720	€ 5.074	€ 5.180	€ 5.308

Tabelle 21: Ergebnisse Heizkostenvergleich nach VDI 2067

Der Heizkostenvergleich nach VDI 2067 weist für den betrachteten Umstellungsfall jetzt einen eindeutigen Favoriten aus. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Wartungs- und Inspektionskosten ergeben sich nun bei der Luftwärmepumpe bei allen betrachteten Energiepreis- und Heizenergiebedarfsszenarien die niedrigsten annuitätischen Heizkosten. Der Einfluss der bei vielen Heizkostenvergleichen nur unzureichend berücksichtigten Betriebskosten ist eklatant. Beispielsweise liegen diese bei der Pelletheizung höher als die Brennstoffkosten.

### 6.3 Ergebnisse

Für den betrachteten Umstellungsfall, einem thermisch saniertem Einfamilienhaus auf Niedrigenergiehaus-Standard wurde mit der Heizkostenberechnung nach VDI 2067 eine möglichst objektive Entscheidungsgrundlage für die Auswahl eines neuen Wärmeerzeugungssystems für Wohnraumheizzwecke geschaffen.

Es hat sich gezeigt, dass bei der Ermittlung der Heizkosten für unterschiedliche Systeme und Energieträger im Vorfeld umfangreiche Erhebungen für die Festlegung der Investitionskosten und insbesondere für die zu erwartenden betriebsgebundenen Kosten notwendig sind. Dazu bietet die VDI 2067 eine entsprechende Methodik.

Die Entwicklung von möglichst realistischen Energiepreisszenarien für die zur Auswahl stehenden Energieträger bedingt Grundkenntnisse über deren aktuelle und künftige Verfügbarkeit sowie die Preisbildungsmechanismen. Beispielsweise wirken sich im Vergleich zu Heizöl und Pellets Energiepreisänderungen bei den leitungsgebundenen Energieträgern Elektrizität und Erdgas nur zu etwa 50 % aus.

Auch der im Zuge der Erstellung eines Energieausweises rein rechnerisch ermittelte Heizenergiebedarf kann in der Realität von den Normbedingungen deutlich abweichen. Diesem Umstand – höhere Raumtemperaturen als 20 °C oder eine Reduktion der Heizfläche durch Nichtbenutzung von Räumen in Winter – wurde mittels zweier zusätzliche Varianten HEB 50 % und HEB 150% Rechnung getragen.

Die Verbrennung fossiler Energieträger wie Heizöl und Erdgas oder regenerativer Energieträger am Beispiel Pellets bedingt zusätzliche Investitionskosten für die Kaminsanierung und Brennstofflager (Ausnahme: Erdgas) sowie im Rahmen der Brennwerttechnologie eine höhere technische Komplexität. Damit weisen diese Energieträger zum Teil wesentlich höhere betriebsgebundene Kosten auf als die Luftwärmepumpe. Mittelfristig könnten diese deutlich sinken, wenn Hersteller dazu

übergangen, Echtzeitdaten für ein Frühwarnsystem bzw. für eine zustandsabhängige Wartung zu verwenden.<sup>101</sup>

Durch den raschen technologischen Wandel erscheint die laut VDI 2067 anzuwendende Ermittlungsmethode für die jährlichen Instandhaltungs- und Wartungskosten als Prozentsatz der Anschaffungskosten zunehmend problematisch. Einerseits geht der Trend bei Heizkesseln zu Komplettsystemen, wo möglichst alle erforderlichen zusätzlichen Komponenten (Regelung, Umwälzpumpe, Ausdehnungsgefäß ...) im selben Gehäuse untergebracht sind. Da diese Komponenten eine kürzere Lebensdauer aufweisen und während des Betrachtungszeitraumes ersatzbeschafft werden müssen, gestaltet sich die Aufteilung des Preises für das Komplettpaket auf einzelne Komponenten zunehmend schwierig. Andererseits geraten speziell durch Online-Händler die Verkaufspreise der Hersteller unter Druck. Damit liegen die laut VDI 2067 ermittelten jährlichen Instandhaltungs- und Wartungskosten zum Teil deutlich unter den tatsächlichen Kosten.

Nach Korrektur der betriebsgebundenen Kosten geht die Luftwärmepumpe als eindeutig wirtschaftlichste Variante aus den angestellten Heizkostenvergleichen hervor. Darüber hinaus scheint mit dem Trend in Richtung dezentrale Stromerzeugung das Potential der Luftwärmepumpe beispielsweise in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage und entsprechend angepasster Regelung noch lange nicht ausgeschöpft zu sein.<sup>102</sup>

---

<sup>101</sup> Vgl. Porter, Heppelmann in Harvard Business Manager, Heft 12 (2014), S. 49.

<sup>102</sup> Vgl. Fisch in Strompraxis, Heft 7-8 (2015), S. 14.

## **7 Schlussbetrachtung**

### **7.1 Erkenntnisse**

Heizkosten sind nicht den Kosten für den eingesetzten Energieträger gleichzusetzen. Entscheidend für Heizkostenvergleiche ist die vollständige Erfassung aller relevanten Kosten. Dazu bietet die VDI 2067 einen einheitlichen Rahmen. Neben den Anlagekosten und den Brennstoffkosten sind auch die Betriebskosten von entscheidender Bedeutung. Eine höhere Energieausbeute bedingt zunehmend technische Komplexität der Wärmeerzeugungssysteme und damit einen steigenden Wartungs- und Inspektionsaufwand. Diesem Umstand wird in der VDI 2067 noch zu wenig Rechnung getragen und deshalb ein adaptiertes Modell vorgeschlagen.

Beim konkreten Umstellungsfall scheiden die nicht leitungsgebundenen Energieträger Heizöl und Pellets aufgrund der höheren Investitions- und Betriebskosten aus. Die vielfach propagierte und geförderte Pelletheizung ist bei Niedrigenergiehäusern und durchschnittlicher Energiepreisentwicklung sogar das teuerste Heizsystem. Rein ökonomisch betrachtet ist der Luftwärmepumpe der Vorzug zu geben.

### **7.2 Ausblick**

Mit der Wahl eines neuen Heizwärmeerzeugungssystems ist eine mindestens 20-jährige Bindung an einen Energieträger verbunden. Aus diesem Grund wurden die in Frage kommenden Energieträger hinsichtlich Verfügbarkeit, Preisbildungsmechanismen und möglicher künftiger Entwicklungen eingehender untersucht. Damit könnte, was nicht Ziel dieser Arbeit war, in einem weiteren Schritt auch eine ökologische Bewertung der eingesetzten Energieträger (z.B. Bewertung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses) in der Heizkostenermittlung erfolgen.

## **Literaturverzeichnis**

### **Bücher:**

Becker, Hans Paul: Investition und Finanzierung. 5. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012.

Dörsam, Peter: Grundlagen der Investitionsrechnung anschaulich dargestellt. 6. Auflage. Heidenau: PD-Verlag, 2011.

Götze, Uwe: Investitionsrechnung – Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 5. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 2006.

Heesen, Bernd: Investitionsrechnung für Praktiker. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler, 2010.

Heuck, Klaus; Dettmann, Klaus-Dieter; Schulz, Detlef: Elektrische Energieversorgung. 8. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Teubner, 2010.

Nagl, Anna: Der Businessplan. 8. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.

Poggensee, Kay. Investitionsrechnung – Grundlagen, Aufgaben, Lösungen. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.

Sedláček, Tomáš. Die Ökonomie von Gut und Böse. München: Hanser, 2012.

Wöhe, Günter; Döring, Ulrich: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 25. Auflage. München: Franz Vahlen, 2013.

### **Schriften:**

Verein deutscher Ingenieure: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – VDI 2067, Blatt 1. Berlin: Beuth Verlag, 2012.

BGR: Energierohstoffe 2009 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit. Hannover, November 2009.

BGR: Energiestudie 2014 – Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen. Hannover, Dezember 2014.

ENplus-Handbuch für Deutschland, Österreich und die Schweiz Teil 1 – 6. Version 3.0. Wolfsgraben, ProPellets Austria, 2015.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Österreichischer Waldbericht 2015. Wien, Jänner 2015.

E-Control: Statistikbroschüre 2015. Wien, Oktober 2015.

### **Zeitschriften:**

Frondel, Manuel; Sommer, Stephan; Barabas, György; Schmidt Torsten: Niedrige Ölpreise – Ursachen, Wirkungen und Risiken. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen. Essen: etv Energieverlag, 2015, Heft Nr. 5, S. 26 - 31.

Fisch, Norbert: Energie-Plus-Wohnhaus: Kraftwerk und Tankstelle zugleich. In: Strompraxis. Frankfurt: EW Medien und Kongresse GmbH, 2015, Heft Nr. 7-8, S. 13 – 14.

Porter, Michael; Heppelmann, James: Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. In: Harvard Business Manager. Hamburg: manager magazin Verlagsgesellschaft mbH, 2014, Heft Nr. 12, S. 48 - 49.

### **Gesetze:**

BGBI. Nr. 630/1994: Mineralölsteuergesetz 1995, idF vom 14.08.2015.

BGBI. I Nr. 107/2011: Gaswirtschaftsgesetz 2011, idF vom 14.08.2015.

BGBI. Nr. 201/1996: Elektrizitätsabgabegesetz, idF vom 11.08.2014.

BGBI. I Nr. 111/2008: KWK-Gesetz, konsolidierte Fassung vom 22.01.2015.

### **Verordnungen:**

Verordnung der Regulierungskommission der E-Control, mit der die Entgelte für die Systemnutzung in der Gaswirtschaft bestimmt werden (GSNE-VO 2013), konsolidierte Fassung vom 01.02.2015.



Verordnung der Regulierungskommission der E-Control, mit der die Entgelte für die Systemnutzung bestimmt werden (SNE-VO 2012 idF Novelle 2015), konsolidierte Fassung vom 01.01.2015.

BGBI. II Nr. 359/2014: Ökostromförderbeitragsverordnung 2015 und Ökostrompauschale-Verordnung 2015, idF vom 18.12.2014.

LGBl. Nr. 111/1998 Stück 42: Tiroler Feuerpolizeiverordnung 1998, konsolidierte Fassung vom 13.04.2012.

Verordnung des Landeshauptmannes für Tirol mit der Höchsttarife für das Rauchfangkehrergewerbe festgelegt werden (Kehrtarif 2015), Fassung vom 19.12.2014.

### **Internetquellen:**

Europäischer Rat: Schlussfolgerungen zum Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030, SN 79/14.

URL: <[http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/de/ec/145377.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/de/ec/145377.pdf)>, verfügbar am 02.05.2015.

bmwfw: NEEAP 2014 – Erster Nationaler Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich 2014 gemäß Energieeffizienzrichtlinie 2012/27/EU.

URL: <<http://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/SicherheitImBergbau/Documents/NEEAP%2030042014.pdf>>, verfügbar am 03.05.2005.

Kommunkredit Public Consulting GmbH: Sanierungsscheck für Private 2015.

URL: <[http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/f\\_r\\_private/energiesparen/sanierungsscheck15/](http://www.umweltfoerderung.at/kpc/de/home/umweltfoerderung/f_r_private/energiesparen/sanierungsscheck15/)>, verfügbar am 03.05.2015.

Amt der Tiroler Landesregierung: Wohnhaussanierung.

URL: <<https://www.tirol.gv.at/bauen-wohnen/wohnbaufoerderung/sanierung/>>, verfügbar am 03.05.2015.

Gemeinde Thaur: Förderungen.

URL: <<http://www.thaur.tirol.gv.at/system/web/foerderung.aspx?typ=5&bezirkonr=0&detailonr=219594812&menuonr=219165967>>, verfügbar am 03.05.2015.

Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz.

URL: <[http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie\\_6\\_26.03.15.pdf](http://www.oib.or.at/sites/default/files/richtlinie_6_26.03.15.pdf)>, verfügbar am 05.05.2015.

Umweltbundesamt: Energieträger.

URL: <<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/energietraeger/fossileenergie/>>, verfügbar am 01.05.2015.

BGR: Energierohstoffe.

URL: <[http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/energie\\_node.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/energie_node.html)>, verfügbar am 16.05.2015.

E-Control: Primärenergieträger als Ursprung unserer Energie.

URL: <<http://www.e-control.at/de/industrie/energiemaerkte-allgemein/energietraeger>>, verfügbar am 17.05.2015.

BGR: Energierohstoffe, Erdöl.

URL: <[http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Erdoel/erdoel\\_node.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Energie/Erdoel/erdoel_node.html)>, verfügbar am 17.05.2015.

Regelous, Anette; Meyn, Jan-Peter: Erneuerbare Energien – eine physikalische Betrachtung.

URL: <<http://www.phydid.de/index.php/phydid-/article/view/251/379>>, verfügbar am 17.05.2015.

Fastenergy: Ölpreise.

URL: <<http://www.fastenergy.at/heizoel-preis/oelpreise.htm>>, verfügbar am 10.07.2015.

E-Control: Gasnetz.

URL: <<http://www.e-control.at/industrie/gas/gasnetz>>, verfügbar am 10.07.2015.

Zukunft Erdgas e.V.: Bio-Erdgas.

URL: <<https://www.zukunft-erdgas.info/erdgas-im-markt/erneuerbares-erdgas/bio-erdgas>>, verfügbar am 17.07.2015.

Zukunft Erdgas e.V.: Power to Gas.

URL: <<https://www.zukunft-erdgas.info/erdgas-im-markt/erneuerbares-erdgas/power-to-gas>>, verfügbar am 17.07.2015.

EA Energie NRW GmbH: Aktion Holzpellets.

URL: <<http://www.aktion-holzpellets.de/info/brennstoff/>>,  
verfügbar am 17.08.2015.

Pro Pellets Austria: Statistische Daten.

URL: <<http://www.propellets.at/de/heizen-mit-pellets/statistik/>>,  
verfügbar am 30.08.2015.

Behr, Martin: Qualitätssicherung von biogenen Festbrennstoffen.

URL: <[http://www.forum-holzbau.ch/pdf/koeln09\\_behr\\_hmartin.pdf](http://www.forum-holzbau.ch/pdf/koeln09_behr_hmartin.pdf)>,  
verfügbar am 02.09.2015

Quandl: Brent Crude Futures.

URL: <[https://www.quandl.com/data/CHRIS/ICE\\_B1-Brent-Crude-Futures-Continuous-Contract-1-B1-Front-Month](https://www.quandl.com/data/CHRIS/ICE_B1-Brent-Crude-Futures-Continuous-Contract-1-B1-Front-Month)>,  
verfügbar am 31.08.2015.

Statistik Austria: Statistiken – Verbraucherpreisindex 2000.

URL: <[https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/preise/verbraucherpreisindex\\_vpi\\_hvpi/022832.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/preise/verbraucherpreisindex_vpi_hvpi/022832.html)>,  
verfügbar am 02.09.2015.

Klima-Innovativ e.V.: Theorie & Praxis – Feldstudien & Ergebnisse.

URL: <<http://www.jahresarbeitszahlen.info/index.php/theorie-und-praxis/feldstudien-und-ergebnisse>>,  
verfügbar am 05.09.2015.



## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Thaur, den 12. November 2015

Bernhard Kranebitter